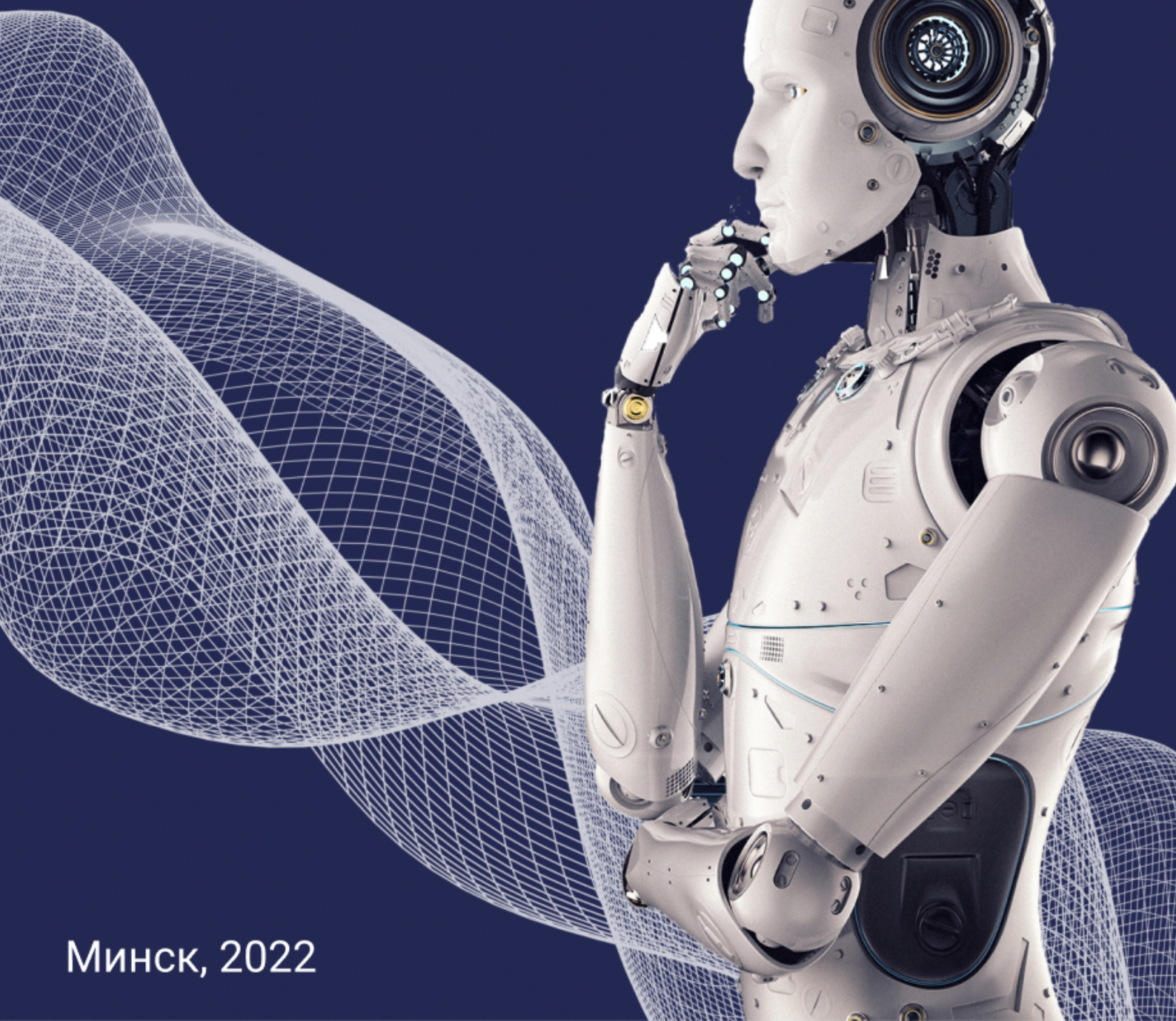




BIG DATA

And Advanced Analytics

VIII Международная
научно-практическая
конференция



Минск, 2022

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»
Национальная академия наук Беларуси
Объединенный институт проблем информатики
Компания BEZNext, США
Ташкентский университет информационных технологий, Узбекистан
Южный федеральный университет, Российская Федерация
Северо-Кавказский федеральный университет, Российская Федерация
Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева,
Республика Казахстан

BIG DATA AND ADVANCED ANALYTICS

BIG DATA И АНАЛИЗ ВЫСОКОГО УРОВНЯ

СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ
VIII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Республика Беларусь, Минск, 11-12 мая 2022 года)

Минск
«Бестпринт»
2022

УДК 004.6(082)

ББК 32.97.3

Б59

Редакционная коллегия:

В.А. Богуш, доктор физико-математических наук, профессор, ректор учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» Республики Беларусь;

Boris Zibitsker, MS, PhD and Honorable Doctor at BSUIR, President and CEO BEZNext, Professor DePaul University in Chicago, USA;

С.К. Дик, кандидат физико-математических наук, доцент, депутат Палаты представителей Национального собрания Республики Беларусь седьмого созыва;

Д.В. Лихачевский, кандидат технических наук, доцент, декан факультета компьютерного проектирования учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» Республики Беларусь;

Т.В. Казак, заведующий кафедрой инженерной психологии и эргономики БГУИР, доктор психологических наук, профессор, Республика Беларусь;

David Luigi Fuschi, PhD, MSc, PMP, PRINCE2, AgilePM, CDPM, CMgr, CEng, fCMI, fRSA, smIEEE, smACM, Lecturer in Project Management at Coventry University, Deputy Director of Management and Business Academy London, Director at BRIDGING Consulting Ltd, United Kingdom.

Рецензенты:

Boris Zibitsker, MS, PhD and Honorable Doctor at BSUIR, President and CEO BEZNext, Professor DePaul University in Chicago, USA;

David Luigi Fuschi, PhD, MSc, PMP, PRINCE2, AgilePM, CDPM, CMgr, CEng, fCMI, fRSA, smIEEE, smACM, Lecturer in Project Management at Coventry University, Deputy Director of Management and Business Academy London, Director at BRIDGING Consulting Ltd, United Kingdom.

А.В. Тузиков, доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, генеральный директор государственного научного учреждения «Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси» Республики Беларусь;

Domonique A. Heger, PhD, President and CEO DHTechnologies & Data Nubes, Austin, USA

Б59

BIG DATA and Advanced Analytics = BI DATA и анализ высокого уровня: сб. научных статей VIII Междунар. науч.-практ. конф. (Республика Беларусь, Минск, 11-12 мая 2022 года): / редкол. : В.А. Богуш [и др.]. – Минск : Бестпринт, 2022. – 492 с.

ISBN 978-985-7267-19-4.

В сборнике опубликованы результаты научных исследований и разработок в области BIG DATA and Advanced Analytics для оптимизации IT-решений и бизнес-решений, а также тематических исследований в области медицины, образования и экологии.

УДК 004.6(082)

ББК 32.97.3

ISBN 978-985-7267-19-4

© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2022

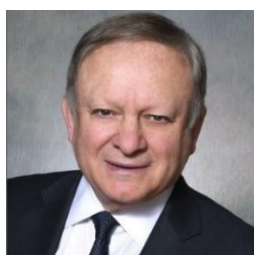
© Оформление. УП «Бестпринт», 2022

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ



Председатель, Богущ В.А.

Ректор Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доктор физико-математических наук, профессор



Сопредседатель, Boris Zibitsker

MS, PhD and Honorable Doctor at BSUIR, President and CEO BEZNext, Adjunct Associate Professor, DePaul University in Chicago



Заместитель председателя, Дик С.К.

Депутат Палаты представителей Национального собрания Республики Беларусь седьмого созыва, кандидат физико-математических наук, доцент, Республика Беларусь

ЧЛЕНЫ ОРГАНИЗАЦИОННОГО КОМИТЕТА



Prof David Luigi Fuschi, PhD, MSc, PMP, PRINCE2, AgilePM, CDPM, CMgr, CEng, fCMI, fRSA, smIEEE, smACM, Lecturer in Project Management at Coventry University, Deputy Director of Management and Business Academy London, Director at BRIDGING Consulting Ltd, United Kingdom



Батура М.П., научный руководитель НИЛ 8.1 БГУИР, доктор технических наук, профессор, академик «Международной академии наук высшей школы», заслуженный работник образования Республики Беларусь, Республика Беларусь



Болдырев А.С., директор института радиотехнических систем и управления Южного федерального университета (г. Таганрог), кандидат физико-математических наук, доцент, Российская Федерация



Давыдов М.В., первый проректор БГУИР, кандидат технических наук, доцент, Республика Беларусь



Казак Т.В., заведующий кафедрой инженерной психологии и эргономики БГУИР, доктор психологических наук, профессор, Республика Беларусь



Лихачевский Д.В., декан факультета компьютерного проектирования Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, кандидат технических наук, доцент, Республика Беларусь



Пархименко В.А., заведующий кафедрой экономики БГУИР, кандидат экономических наук, доцент, Республика Беларусь



Пискун Г.А., заместитель декана факультета компьютерного проектирования БГУИР, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем БГУИР, кандидат технических наук, доцент, Республика Беларусь



Тузиков А.В., главный научный сотрудник Объединенного института проблем информатики Национальной академии наук Беларуси Н Беларуси доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент, Национальной академии наук Беларуси, Республика Беларусь



Тусупов Д.А., заведующий кафедрой информационных систем Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева, доктор физико-математических наук, профессор, Республика Казахстан



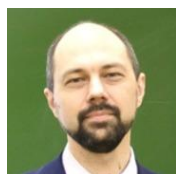
Кругликов С. В., генеральный директор Объединенного института проблем информатики Национальной академии наук Беларуси,



Шнейдеров Е.Н., проректор по учебной работе Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, кандидат технических наук, доцент, Республика Беларусь



Стемпичкий Р.А., проректор по учебной работе Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, начальник научно-исследовательской части БГУИР, научный руководитель НИЛ "Компьютерное проектирование микро- и наноэлектронных систем" кандидат технических наук, доцент, Республика Беларусь



Шевченко Д.А., декан факультета управления Южного федерального университета (г. Ростов-на-Дону), кандидат экономических наук, доцент, Российская Федерация



Тебуева Т.Б., заведующая кафедрой прикладной математики и компьютерной безопасности Северо-Кавказского Федерального университета, доктор физико-математических наук, доцент, Российская Федерация



Нестеренков С.Н., декан факультета компьютерных систем и сетей Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, кандидат технических наук, доцент, Республика Беларусь

ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ



Министерство образования Республики
Беларусь



Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»



Национальная академия наук Беларуси



Объединенный институт проблем
информатики



Компания BEZNext, США



TASHKENT UNIVERSITY
OF INFORMATION
TECHNOLOGIES

Ташкентский университет информационных
технологий, Узбекистан



Южный федеральный университет, Российская
Федерация



Северо-Кавказский федеральный университет,
Российская Федерация



Евразийский национальный университет им. Л.Н.
Гумилева

СПОНСОР КОНФЕРЕНЦИИ



КОНТАКТНЫЙ ОТДЕЛ ТЕХНОПАРКА ЧЖУНГУАНЬЦУНЬ В БЕЛАРУСИ

Контактный отдел технопарка Чжунгуаньцунь в Беларуси – официальный представитель Научно-технологического парка Чжунгуаньцунь (Пекин, КНР) в Беларуси, ответственный за работу по развитию научно-технологического сотрудничества и обмена между Китаем, Беларусью и евразийским регионом.

СПОНСОР КОНФЕРЕНЦИИ

The logo for HiQo solutions is presented within a red trapezoidal shape that tapers from top to bottom. The text "HiQo" is in a bold, white, sans-serif font, with the "i" in "HiQo" being lowercase. Below it, the word "solutions" is written in a smaller, white, lowercase sans-serif font.

**HiQo
solutions**

КОМПАНИЯ "ХАЙКВО СОЛЮШЕНС"

Осуществляет полный цикл разработки программного обеспечения для интерактивного маркетинга, сферы профессиональных услуг, сельского хозяйства, мобильных устройств, банков, финансовых организаций, Business Intelligence и др. Отличительной чертой компании является способность выполнять наукоемкие и специализированные проекты.

ОГЛАВЛЕНИЕ

S.S. Beknazarova Image reconstruction by lifting filters	13
L.I. Arkhipova Agile marketing: essence and benefits	22
O.S. Abdullaeva Intelligent technologies for creating and developing open systems	29
A. Bykau, U. Parkhimenka, V. Vernyakhovskaya The structure of the world advanced manufacturing: estimation using multi-regional input-output tables Eora, WIOD and OECD-ICIO	32
F.M. Alimova Application machine learning to control students trajectory	41
U.Yu. Akhundjanov, V.V. Starovoitov Static signature verification based on machine learning	44
M.Y. Abdul-Azalova Big data technologies implementation in e-payment systems	51
A.A. Prihozhy, O.N. Karasik Inference of shortest path algorithms with spatial and temporal locality for big data processing	56
C.S. Dzik, I.I. Piletski Anomaly detection using autoencoder for data quality monitoring in cloud	67
Y. Akhmer, G.U. Bektemyssova The use of machine learning in recommended system in the E-commerce	79
N.A. Naim Big data in modern business	98
S.B. Dovletova, S.S. Mirzaxalilo, T.Sh. Djurayev, N.S. Djurayeva Development of algorithms for intelligent analysis of echocardiographic data	102
О.С. Спиридонова, О.Л. Яблонский Применение предварительной экстракции головного мозга при сегментации шванном на изображениях МР-томографии	109
А.И. Онгарбаева, Ж.Ж. Ахметова, Д.В. Лихачевский, А.А. Шарипбаев, А.В. Чураков Способы реализации методов и алгоритмов обработки медицинских изображений с применением операторов	112
Т.В. Казак, Р.А. Голованов, А.Н. Василькова Big data в образовании: эргономика	119
И.А. Оганезов, Н. В. Щербина, А.В. Буга Перспективные решения «интеллектуальных сетей электроснабжения» SMART GRID на сельских территориях Республики Беларусь	124
Д.М. Рагель Особенности анализа и классификации проектных данных в финансово-кредитных организациях	134
Г.В. Лосик, И.М. Бойко Цифровизация и потеря антропологической информации о сходстве явлений	138
С.Н. Кардаш Функциональные разложения систем булевых функций	142
М.И. Гальченко, О.Я. Порембская Прогнозирование смертности у пациентов с COVID-19 в условиях стационара с использованием библиотеки Conformal Prediction в KNIME	151
О.С. Спиридонова, Н.В. Карлович Разработка методики определения референтных интервалов различных показателей при развитии компенсаторных реакций в организме	158

С.М. Боровиков, В.О. Казючиц, С.К. Дик, С.С. Дик Методика обеспечения эксплуатационной надёжности планируемых к разработке прикладных компьютерных программ для информационных систем	162
М.П. Батура, И.И. Пилецкий, Н.А. Волорова, П.А. Зорко, А.О. Кулевич Архитектурные решения быстрого построения графовой БД WEB-сайта и анализа его свойств	174
О.Н. Шкор Экономика создателей и образование: точки контакта	191
Е.И. Лещевич, П.В. Камлач, И.И. Ревинская, В.М. Бондарик Методы обработки больших данных в системах компьютерного тестирования	195
В.В. Шаталова, Т.В. Казак Большие данные в психологии управления человеческими ресурсами: как не потерять личность в цифровом пространстве	202
Д.В. Куприянова, Д.Ю. Перцев Алгоритм сегментации объектов на снимках земной поверхности с применением сверточной нейронной сети U-NET	206
В.А. Журавлев Использование динамической модели межотраслевого баланса для прогнозирования развития экономики	210
В.В. Венгеренко, А.Н. Марков, С.Н. Нестеренков Роль BIG DATA в предотвращении заболеваний	218
Г.В. Лосик, А.М. Черноризов, А.В. Богурина Векторное кодирование информации у человека о сходстве явлений	217
Л.Р. Коркин, М.В. Коркина, Е.С.Маклак, К.Ф. Саевич, О.С. Медведев Подготовка материалов для машинного обучения с помощью виртуальной студии	223
М.А. Нугманова Роль байесовских нейронных сетей для диагноза болезней	240
К.А. Кот, Н.В. Марковская Аффинитивный анализ данных потребительской корзины с помощью алгоритма APRIORI	234
М.Е. Вакалов Big data как важный элемент маркетинга современного бизнеса	240
Е.А. Керзина Когнитивная биоинспирированная пространственно-функциональная модель принятия потребительских решений в условиях перехода к устойчивой экономике.....	245
М.И. Одиноченко, С.Н. Нестеренков Использование облачных сервисов для решения задач, связанных с применением технологии BIG DATA	252
М.М. Васьковский, А.В. Кулешова Применение скоринговых моделей выживаемости к прогнозированию доходности банков в области автомобильного кредитования.....	257
Н.В. Щербина Анализ различий между группами машинистов локомотивных бригад по профессионально важным психофизиологическим и личностным показателям	265
В.Н. Шведко, Т.В. Казак Информационное воздействие в современных реалиях	273
Г.В. Лосик, В.В. Егоров Сокращение в филогенезе размерности кодирования в BIG DATA образной информации	277

В.В. Сеницына, А.М. Прудник Технологии больших данных в приложениях для пользователей с нарушениями цветовосприятия	285
И.В. Марахина Исследование возможностей активизации предпринимательской деятельности обучающихся при переходе вузов к модели «УНИВЕРСИТЕТ 3.0»	300
А-К.Х. Исмаил, Д.Ю. Перцев Аналитический обзор алгоритмов матирования на изображении	303
И.П. Кобяк О точном равенстве для вероятности пропуска ошибки при наблюдении векторов переходов	312
В.Т. Кучеренко, С.Н. Нестеренков, И.В. Шилов, А.Н. Марков Прогнозирование дневного количества осадков методами машинного обучения ..	320
А.Г. Новик, А.В. Воробей Алгоритм десктопного приложения для автоматизации работы специалиста по кадрам	325
М.П. Батура, И.И. Пилецкий, Н.А. Волорова, П.А. Зорко, А.О. Кулевич Граф знаний и машинное обучение как ит среда интеллектуального анализа данных интернет источников	330
А.А. Беляк, С.Н. Нестеренков Кибербезопасность больших данных в медицине	345
Д.И. Черемисинов, Л.Д. Черемисинова Программная среда для работы с кластерным компьютером из ОС WINDOWS	349
А.Г. Проровский Актуальные инструменты интернет-маркетинга для эффективного продвижения в условиях пандемии	357
Р.В. Козарь, А.А. Навроцкий Альтернативные методы распознавания медицинских изображений в задачах компьютерной диагностики	367
М.А. Ремнева, А.В. Богдановский Автосервис в социальных сетях	372
А.А. Кисель, С.Н. Нестеренков, А.Н. Марков Электронные медицинские карты как представитель BIG DATA в медицине	378
А.В. Сидоренко, Н. А. Солодухо Анализ сонливости мужчин при различных патологиях	382
В.В. Храбров, В.В. Ткаченко Модель нейроподобной системы обработки сигналов в парадигме векторной психофизиологии	393
О.Л. Филипня Имитация интеллектуальной деятельности в среде BIG DATA ...	403
А.А. Логинова, А. Р. Денисов Применение технологии анализа цифрового следа для создания системы, формирующей индивидуальный цифровой профиль студента	411
П.А. Матюшонок, С.Н. Нестеренков, А.Н. Марков Роль BIG DATA в построении умного города	421
В.Ф.Алексеев, Д.В. Лихачевский, Г.А.Пискун, И.В. Андриалович Теоретические аспекты разработки образовательной информационной среды подготовки ИТ-специалиста	425
М.М. Лукашевич, А.Н. Макаров, Н.Ю. Филиппов Метод генерации синтетического набора данных для задач машинного обучения	431

П.Ю. Бранцевич Принятие решений в задачах, связанных с обработкой вибрационных сигналов	440
В.Ф.Алексеев, Д.В. Лихачевский, Г.А.Пискун, И.В. Андриалович Диаграмма ганта для планирования организации дипломного проектирования	450
И.Г.Шупейко, Л.А.Хаткевич, Е.Е.Семёнов Применение нейронных сетей для распознавания эмоций по изображениям лиц	457
А.Г.Давыдовский Методологические основы сценарного анализа связи заболеваемости COVID-19 и поисковой активности пользователей с помощью биоинспирированных алгоритмов	462
А.А. Косарева, П.В. Камлач, В.А. Ковалев, Э.В. Снежко, А.Г. Раджабов А.Г.Давыдовский Поиск схожих анатомических областей на КТ-изображениях лёгких с использованием сверточных нейронных сетей	476
В.Ф.Алексеев, Д.В. Лихачевский, Г.А.Пискун, И.В. Андриалович Оценка качества передачи информации в системе диспетчеризации на базе MQTT-архитектуры	483

UDK 00.056.28

IMAGE RECONSTRUCTION BY LIFTING FILTERS



S.S. Beknazarova
*professor of Tashkent
university of information
technologies named after
Muhammad al-Khwarizmi,
Doctor of technical
science, associate of
professor*

*Department of Audiovisual technologies, Tashkent University of information technologies named after Muhammad al-Khwarizmi, Tashkent, Uzbekistan
E-mail: saida.beknazarova@gmail.com*

S.S. Beknazarova

Doctor of technical Sciences, associate Professor, professor of the Department of Audiovisual technologies, faculty of Television technologies, Tashkent University of information technologies named after Muhammad al-Khwarizmi. Author of 189 research papers on audio, video, multimedia resources, and media education technologies.

Abstract. In the article describe the estimation of the accuracy of image reconstruction by lifting filters, that in video codecs, the main compression of the video stream is provided by eliminating inter-frame redundancy using motion compensation methods for image fragments of adjacent frames. However, the use of motion compensation methods requires the formation of additional data (metadata) containing information about the types of image blocks used, the coordinates of their movement, etc. At the same time, in order to increase the compression of the video stream without compromising its quality, a higher accuracy of motion compensation is required, which leads to an increase in the number of blocks and, accordingly, to an increase in the volume of metadata that reduces the effectiveness of motion compensation. This is the main problem of compressing streaming video without degrading the quality of images. In addition, the higher accuracy of positioning blocks with motion compensation dramatically reduces the speed of image processing, which is not always feasible in real-time systems.

Keywords: adaptation, the brightness control mechanism, processing dynamic image sequences, reconstruction by lifting filters.

Introduction.

Digital image processing is a rapidly developing field of science. Research and development of methods and algorithms for processing and analyzing information presented in the form of digital images is a very urgent task.

The great contribution to the digital processing of television images was made by both domestic scientists – V.T. Fisenko [3], M.L. Mestetsky [5], V.P. Dvorkovich, A.V. Dvorkovich [1-9], M.K. Chobanu [5-6], V.N. Kozlov [2-7], V.N. Gridin [1-8], V.Yu. Visilter [4], A.L. Priorov [3-4, 9], as well as by L. Shapiro [5-7], R. Gonzalez [1-7], R. Woods [17], G. Finlayson[7-8], C. Wöhler [10], R. Szeliski [6], D. Maier [5, 8].

The number of fundamental studies of Alpatov B.A., Atakishchev O.I., Bashmakov O.E., Bykov P.E., Gurevich S.B., Duda R., Hart P. and others are devoted to the development of methods

for detecting and tracking moving objects, image processing and control of objects and purposeful processes. Methods of digital image processing were considered in the works of Gonzalez R., Lukyanitsa A.A., Titov B.C., Filist S.A. Issues related to the transmission of video data were investigated in the works of Zubarev Yu.B., Sogdulaev Yu.S., etc. Methods of recognition of static and dynamic images based on spatio-temporal analysis of video images were covered in the works of Favorskaya M.N., Soifer V.A., Fisenko V.T., Foresight D., Klyuchikov I.A., etc. At the same time, the issues of recognition of moving people (dynamic images) in various situations and in conditions of changing factors (interference, lighting heterogeneity, change of angle, etc.) remain unresolved.

The analysis of the literature has shown that the systems using algorithms of applied television are of the greatest interest. Such systems use the visible part of the electromagnetic spectrum, which is convenient for practical use [2-3]. To date, applied television systems are widely used to perform various kinds of measurement work: diagnostics of the road network [1-2]; detection of pedestrians [2]; detection of obstacles on the runway [2-6]; collision prevention on railways [2-8]; detection of obstacles in front of a mobile ground object [1-5]. All the listed systems using the methods of applied television to perform their task analyze a specific type of obstacle, without solving the problem in the general case. In this regard, a system of applied television based on digital image processing is proposed to solve the problem of detecting obstacles in the room by an autonomous mobile robotic platform, which characterizes in such an obstacle, the system is the main color feature, information, which makes it possible to distinguish the types of underlying surface.

The purpose of the scientific article is to develop models, methods and algorithms for processing complex structured video data based on the use of methods to increase the contrast of television images in video information systems.

Frequency methods of image transformations are based on the idea of the Fourier transform, the meaning of which is to represent the original function as a sum of trigonometric functions of various frequencies multiplied by specified coefficients. An important property is that the function represented by the Fourier transform, after performing transformations on it, can be returned to its original form. This approach allows you to process the function in the frequency domain, and then return to the original form without loss of information. The Fourier transform can also be used to solve image filtering problems. In a practical application, the implementation of frequency approaches can be similar to spatial filtering methods.

Spatial image enhancement techniques are applied to raster images represented as two-dimensional matrices. The principle of spatial algorithms is to apply special operators to each point of the original image. Rectangular or square matrices called masks, kernels or windows act as operators. Most often, the mask is a small two-dimensional array, and improvement methods based on this approach are often called mask processing or mask filtering.

The existing methods of isolating (filtering) significant characteristics of individual image components, some periodic image structures are not optimal from the point of view of Fourier approximation in the specified frequency intervals in which filtering is carried out. Therefore, an urgent problem is the creation of mathematical models and filtering methods that allow for adequate consideration of the energy characteristics of images in selected frequency intervals. The paper develops and theoretically substantiates a method of optimal linear image filtering based on frequency representations, which is optimal in the sense that the spectrum of the image obtained as a result of filtering has the smallest standard deviation from the spectrum of the filtered image in a given two-dimensional frequency subinterval, and outside this subinterval has the smallest deviation from zero.

Usually images are distorted under the influence of various kinds of interference. This complicates both their visual analysis by a specialist and automatic processing using computer technology. Attenuation of the interference effect can be achieved using various image filtering

methods. When filtering, the brightness of each point of the source image distorted by interference is replaced by some other brightness value, which is assumed to be distorted to a lesser extent. Such a decision can be made based on the following considerations. The image is represented by a two-dimensional function of spatial coordinates, the values of which change more slowly when moving from point to point of the image than the values of a two-dimensional function describing interference. This allows, when evaluating the value of the useful signal at each point of the image, to take into account a certain set of neighboring points, taking advantage of a certain degree of similarity of the useful signal at these points.

Therefore, in video codecs, the main compression of the video stream is provided by eliminating inter-frame redundancy using motion compensation methods for image fragments of adjacent frames. However, the use of motion compensation methods requires the formation of additional data (metadata) containing information about the types of image blocks used, the coordinates of their movement, etc. At the same time, in order to increase the compression of the video stream without compromising its quality, a higher accuracy of motion compensation is required, which leads to an increase in the number of blocks and, accordingly, to an increase in the volume of metadata that reduces the effectiveness of motion compensation. This is the main problem of compressing streaming video without degrading the quality of images. In addition, the higher accuracy of positioning blocks with motion compensation dramatically reduces the speed of image processing, which is not always feasible in real-time systems. Therefore, MPEG-4-10 codecs use a rectangular block structure of variable size, which provides acceptable image quality at speeds of more than 3 Mbit/s. Thus, the main problem of compressing a video stream without visually degrading the quality of images in real time is a fairly large amount of metadata required to decode compressed images. To date, this problem has not yet been fully solved in world practice.

Additionally, the quality of images is indirectly affected by the amount of compression of audio signals, since both video and sound are transmitted in a single stream at a speed of 2 Mbit/s. At the same time, the volume of audio information, depending on the sound quality, can reach 10-20% of the video. Therefore, we must strive to increase the compression of audio signals. In this regard, the works aimed at improving the methods and algorithms of compression of streaming video and sound, to increase the compression coefficients without a noticeable decrease in the quality of the restored images and sound are of great scientific and practical importance.

Methodology

The analysis of the conducted studies showed that the best in image compression are VF LeGall (5,3), Deslauriers-Dubuc (9,7) and Deslauriers-Dubuc (13,7). But since all the filters considered use integer rounding of the division results, accordingly, with the reverse VP, some distortions of the restored video data occur. Therefore, to assess the accuracy of video data recovery by the considered VFS, a study of their effectiveness in processing 2 artificial and 2 real images presented in Fig.5.19 and 5.20. The efficiency was evaluated based on the calculation of the root-mean-square error (RMS) of the original and reconstructed test images after processing by the LeGall (5,3), Deslauriers-Dubuc (9,7) and Deslauriers-Dubuc (13,7) VFS. According to the results of the experiments, it was found that monochrome images of the type of Fig. 5.19, and all the considered VFS are restored completely, without distortion.

As follows from the research results, the magnitude of the root-mean-square error of restoring test images is mainly determined by the structure of the image itself, and not by the type of the selected VF. Thus, the maximum error (2.9%) occurs when processing a fine-structured mountain landscape, and images with a more homogeneous structure are restored with less distortion, and Deslauriers-Dubuc filters have the best quality characteristics (13.7). However, to build microprocessor video codecs, it is better to use LeGall (5,3) filters, which have 2-3 times higher performance than Deslauriers-Dubuc filters, which allows using a cheaper and more

accessible element base. And a small level of introduced distortion, not exceeding a few fractions of a percent, is not perceived by the human eye.

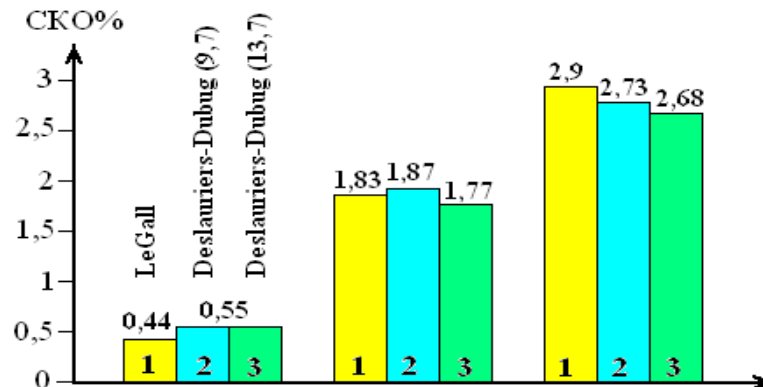


Figure 1. Errors in the recovery of test images after processing

The use of wavelet transformations, as well as DCP in codecs of standards (JPEG and MPEG) does not in itself reduce the volume of video data, but only allows them to be represented as chains of zero values of the coefficients of the decorated pixels. At the same time, video data compression is performed by statistical compressors by packing chains of coefficients with zero values. Thus, the more homogeneous the image was used, the longer the chains of zero coefficients are formed after the VP and, accordingly, a greater compression of the video data volume can be obtained. However, the problem with compression is that the amount of redundant information in an image strongly depends on their plot. Thus, Figure 1 shows examples of compression of images of various subjects without loss of quality [1].

Therefore, quantization is used to control the amount of video data compression, in which the VP coefficients are divided into certain numbers, followed by rounding the result to integer values. This, on the one hand, reduces the dynamic range of coefficients, which require fewer data bits to be stored, and on the other hand, increases the length of zero coefficient chains, which increases the image data compression ratio. However, the structure of these VP coefficients is different than with PREP and represents nested quadrants. So Figure 2 shows the original image and the result of a single VP. To date, an effective mechanism of inseparable VP has not yet been developed, so the transformation is carried out in 2 stages: first horizontally, then vertically. At the same time, 4 regions are formed: containing only low-frequency coefficients - low-frequency, only high-frequency coefficients - high-frequency and overlapping regions containing high-frequency and low-frequency coefficients (Fig. 2). With a larger number of transformations, only the low-frequency region (low-frequency) is processed, and the remaining regions remain unchanged.



Figure 2. The initial image and the result of a single-level VP

Thus, in the quantizer, the coefficients of the quadrants are divided by a predetermined number, and each wavelet filter has its own coefficients [2].

Most wavelet codecs use scalar quantization. There are two main strategies for performing scalar quantization. If the distribution of coefficients in each band is known in advance, then it is optimal to use Lloyd quantizers - with limited entropy for each subband [3]. In general, we do not have such knowledge, but we can transmit a parametric description of the coefficients by sending additional bits to the decoder. However, in practice, a simpler uniform quantizer with a "dead" zone is often used. Quantization intervals have size Δ , except for the central interval (near zero), whose size is usually chosen 2Δ (Fig.3).

The value of the centroid of this interval is assigned to the coefficient that falls within a certain interval. In the case of asymptotically high coding rates, uniform quantization is optimal. Although in practical modes of operation, quantizers with a "dead" zone are suboptimal, they work almost as well as Lloyd-Max quantizers, but much simpler in execution [26]. In addition, they are resistant to changes in the distribution of coefficients in the subband. An additional advantage of them is that they can be nested into each other to obtain a nested bit stream [4];

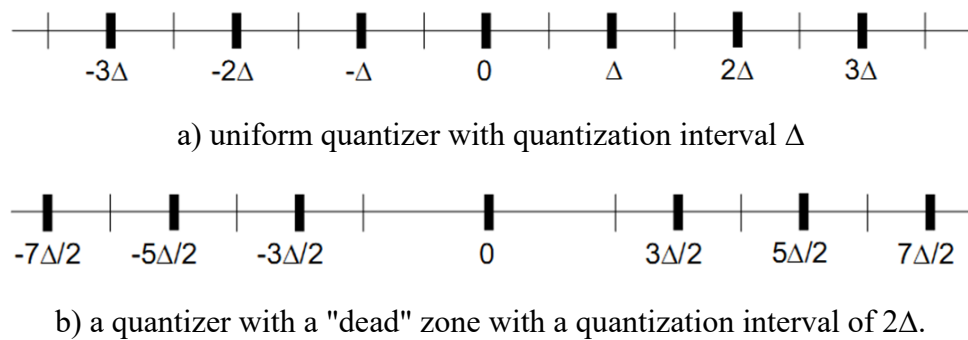


Figure 3. Variants of quantum converters with uniform and with a "dead" zone

Below in tabular form (table.1-3) the default quantization coefficients for some wavelet filters are given depending on the depth of the VP, which in turn is also a variable number less than or equal to 4 [4].

Table 1. Values of the quantizer matrix for the Legal wavelet filter (5,3)

Level	Orientation	The depths of the discrete wavelet transform (DWT)				
		0	1	2	3	4
0	NN	0	4	4	4	4
1	VN	-	2, 2, 1	2, 2, 1	2, 2, 1	2, 2, 1
2	VN, NV, NN	-	-	4, 4, 2	4, 4, 2	4, 4, 2
3	VN, NV, NN	-	-	-	5, 5, 3	5, 5, 3
4	VN, NV, NN	-	-	-	-	7, 7, 5

Table 2. Values of the quantizer matrix for the wavelet filter Deslauriers-Dubuc (13,7)

Level	Orientation	The depths of the discrete wavelet transform (DWT)				
		0	1	2	3	4
0	NN	1	5	5	5	5
1	VN	-	3, 3, 1	3, 3, 1	3, 3, 1	3, 3, 1
2	VN, NV, NN	-	-	4, 4, 1	4, 4, 1	4, 4, 1
3	VN, NV, NN	-	-	-	5, 5, 2	5, 5, 2
4	VN, NV, NN	-	-	-	-	6, 6, 3

Table 3. Values of the quantizer matrix for the wavelet filter Daubechies (9,7)

Level	Orientation	The depths of the discrete wavelet transform (DWT)				
		0	1	2	3	4
0	NN	1	3	3	3	3
1	VN	-	1, 1, 1	1, 1, 1	1, 1, 1	1, 1, 1
2	VN, NV, NN	-	-	4, 4, 2	4, 4, 2	4, 4, 2
3	VN, NV, NN	-	-	-	6, 6, 5	6, 6, 5
4	VN, NV, NN	-	-	-	-	9, 9, 7

Results

The brightness control algorithm is designed to correct image defects by applying the formula (1) [1; 15-16-c.].

$$z_n = U_{\theta-1}^{-1} \left(\frac{1}{2} C \right) U_{\theta-n-1} \left(\frac{1}{2} C \right) \left[z_0 + \sum_{k=1}^{n-1} U_{k-1} \left(\frac{1}{2} C \right) (u_k - v_k) \right] + U_{\theta-1}^{-1} \left(\frac{1}{2} C \right) U_{n-1} \left(\frac{1}{2} C \right) \left[z_\theta + \sum_{k=n}^{\theta-1} U_{\theta-k-1} \left(\frac{1}{2} C \right) (u_k - v_k) \right] \quad (1)$$

where: z_0 and z_θ - rows of source data for calculating correction coefficients, they are set directly from the image (these are the first and last rows of the area under study);

$U_{\theta-1}^{-1}$ - the inverse matrix of the Chebyshev matrix polynomial in degree $\theta - 1$; $U_{\theta-n-1}^{-1}$ - matrix Chebyshev polynomial in degree $\theta - n - 1$; C - the square Jacobiev matrix is a tridiagonal matrix, an argument for calculating Chebyshev polynomials U_n ;

U_{k-1} matrix Chebyshev polynomial in degree $k - 1$; u_k and v_k - control parameters in the form of vectors; n - row number in the correction factor matrix for the brightness matrix; k - the current index of the summed array; θ - a parameter indicating the dimension of all the matrix (brightness, correction) control vectors.

As a result of processing, the required brightness is achieved, which allows you to adjust the brightness of pixels in the selected area of the image due to control coefficients.

In addition, as a result of the algorithm, two results are obtained:

1) The area of the image where the defect was is corrected in accordance with its environment.

2) The control coefficients u and v are calculated for the entire section where the correction is performed. They can be applied to subsequent images with the same defect and its surroundings.

This algorithm uses two basic formulas: $U_{n+2}(x) = 2 * U_{n+1}(x) - U_n(x), n \geq 0, U_0(x) = 1, U_1(x) = 2x$, (2) where: U_{n+2} - Chebyshev matrix polynomial calculated at the next step ($n+2$ - degree of the polynomial); U_{n+1} Chebyshev matrix polynomial, which was calculated in the previous step ($n+2$ - the previous degree of the polynomial); U_n Chebyshev's matrix polynomial, which was calculated two steps before the current one; x - the input parameter on the basis of which the polynomial is calculated $U_{-2}(X) = E, U_{-1}(X) = \theta, U_0(X) = E, U_1(X) = 2X$, where E - single, and θ - zero matrix.

Thus, by searching for control coefficients u, v , using Chebyshev polynomials of the second kind (1) and (2), it is possible to adjust the brightness in accordance with a given range ($\beta - \varepsilon, \beta + \varepsilon$), where (β - minimum brightness, ε - the difference between maximum and minimum brightness, $z_{i,j}$ - the brightness of this point) within the workspace. As a result of the measurement β, ε the brightness range is being set ($\beta - \varepsilon, \beta + \varepsilon$), which should include all points from the workspace after correction. In this case, two additional matrices are created with the size of the selected image area, which are filled with values U and V . Next, the algorithm looks through all the points of the image and calculates the values for each one by iteration U and V , corresponding

to the condition, and the values found are then written to the corresponding elements of additional matrices. After all the points are viewed, the process of summing their current values with the calculated ones takes place U and V , i. e.

$$Z''_{i,j} = z_{i,j} + Z'_{i,j}$$

where Z and Z' – matrix of brightness values before and after correction, U and V - matrices of control values. As a result of this step, the sharpness and clarity of the image increase.

Discussion

By varying these numbers for different conversion levels and different quadrants, you can control the degree of video data loss in the image, thereby changing the compression ratio and the quality of the restored images. At the same time, to ensure the constancy of the bitrate of the compressed video stream, an adaptive change in the values of the quantization coefficients is used, which maintains the constancy of the frame compression ratio when excessive information changes in them. At the same time, the quantization coefficients calculated in the compressor are stored in the output array for proper operation of the decompressor. However, an increase in video data compression leads to an increase in irreversible data loss, which affects the visual quality of the restored images. Therefore, determining the optimal values of the quantizer is a rather difficult task and requires further research.

One of the most urgent tasks in the field of audio-video data processing is the improvement of audio-video data compression methods, taking into account the elimination of temporary redundancy of TV images and audio accompaniment. This problem is very relevant in conditions of limited frequency resources. In addition, it becomes possible to significantly reduce the preparation time for television reports to be broadcast directly from the event sites by transmitting signals from TV cameras directly to the installation hardware of television centers over cellular networks. At the same time, there is no need to use expensive and not always available broadband communication channels.

As a result of the conducted research, TV images have code, intra-frame statistical, psychovisual, structural, temporal or inter-frame redundancy, when eliminated, image information reduction or video data compression is achieved.

Statistical redundancy is eliminated by the use of spectral transformations based on PREP and VP and allows you to compress images by 20-20 times for PREP and 30-40 for VP, and with virtually no data loss.

The presence of psych visual redundancy allows you to control the codec compression ratio by removing that part of useful information that is either not perceived by our visual system, or makes it little noticeable. This approach makes it possible to increase codec compression and, while maintaining visual quality, image compression can be obtained up to 40 times with PREP and 60-70 times with VP. However, with high compression ratios, there are noticeable image distortions in the form of a block structure in PREP or loss of clarity in VP.

The presence of inter-frame redundancy makes it possible to further increase the compression of the video stream to about 80-90 times due to the use of various motion compensation methods. However, these methods for the correct recovery of images during decoding form an additional array of metadata carrying information, but new coordinates of the moved blocks, pointers of block types, etc. Metadata is added to the compressed image data in a single digital stream and must be protected from possible errors, otherwise it will not be possible to restore the image. Moreover, to ensure a higher compression ratio, a more accurate operation of the motion compensator is required by reducing the size of the blocks, changing their geometry or adapting their shape to the configuration of the video objects of the scene (adaptive compensation). However, this leads to a significant increase in the volume of metadata, and accordingly to a

decrease in the resulting compression ratio of the video stream, negating all the advantages of motion compensation. Therefore, increased compression can only be achieved by degrading the quality of the images.

Fractal compression methods based on the elimination of structural redundancy can provide the required compression of the video stream by 150-200 times, but they have very low performance and currently cannot provide real-time processing of the video stream.

Thus, to date, existing image processing algorithms can only achieve 130-150 times compression of the video stream due to a noticeable deterioration in their visual quality. Therefore, to ensure good quality of TV images with a frame size of 8-10 kbytes, it is necessary to develop new effective methods for processing video streams that significantly minimize the amount of metadata (no more than 500 bytes per frame), or do not use motion compensation at all.

Conclusion

Experimental evaluation of the efficiency of compression of audio files by fractal and fractal-spectral codec. To evaluate the effectiveness of the proposed method of audio signal compression based on the elimination of temporary redundancy of audio frames, an experimental study of the compression of audio files of various genres with various errors in the identification of audio frames was conducted.

Currently, Haar wavelets are widely used for information compression, which is characterized by simplicity of implementation, since it has only 2 coefficients. However, the Haar wavelet is not very suitable for compressing audio signals, because it does not provide a high degree of compression of the ZS, since when a large number of conversion coefficients are discarded, distortions occur in the form of extraneous noise, crackling and rumbling. To eliminate this disadvantage, higher-order wavelets can be used, for example, Daubeshi-4th order, having 4 coefficients and Daubeshi-10, having 10 coefficients [4,14]. Moreover, the functions of higher-order wavelets have a more "smooth" shape, due to which the compression ratio can be increased while maintaining the sound quality. Therefore, for the implementation of the compression algorithm, it is most advisable to use the Dobschy wavelet of the 10th order, since on the one hand, it provides greater conversion accuracy, and on the other, it does not significantly reduce the processing speed.

References

- [1] Artyushenko V.M., Shelukhin O.I., Afonin M.Yu. "Digital compression of video information and sound" I.: Moscow 2003, p. 430.
- [2] D. Vatolin, A. Ratushnyak, M. Smirnov, V. Yukin "Data compression methods" <http://compression.graphicon.ru/>.
D.Salomon. "Data, image and sound compression". // Moscow: Technosphere, 2004 (translated from the English by V. V. Chepyzhov).
- [3] V.I.Vorobyov, V.G.Gribunin. "Theory and practice of the wavelet transform". //St. Petersburg: VUS, 1999.
- [4] Konstantin Glasman. Video compression. «625» 7/1997. <http://rus.625-net.ru/625/1997/07/6.htm>.
- [5] Otto S. E. Modeling of a digital video signal compression system in real time based on wavelet transformations. Article in the collection of reports of the Republican Scientific and Technical Conference of Young scientists, researchers, undergraduates and students "Problems of information technologies and telecommunications", Tashkent, March 15-16, 2012. I vol. pp.82-83.
- [6] R.Gonzalez, R.Woods Digital image processing / Transl. from English-M.: Technosphere, 2006 – 1070 p.
- [7] Guzman et al. Digital image processing in information systems-Novosibirsk: NSTU, 2000. - 156 p.
- [8] F. Durand and J. Dorsey Fast Bilateral Filtering for the Display of High-Dynamic- Range Images. In John Hughes, editor, SIGGRAPH 2002 Conference Graphics Proceedings, Annual Conference Series // ACM Press/ACM SIGGRAPH 2002 — P. 257—265.
- [9] Hirschmiiller, Gehrig S. Stereo Matching in the Presence of Sub-Pixel Calibration Errors // IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition. Miami, Florida, USA. - 2009. - P. 437-444.
- [10] H. Hirschmiiller Accurate and efficient stereo processing by semi-global matching and mutual information // IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition. San Diego, California, USA. - 2005. - V. 2. - P. 807-814.

- [11] G. Bastin, J. M. Coron and B. d'Andrea Novel, Networks and Heterogeneous Media 4(2), 177-187 (2009).
[12] M. Krstic and A. Smyshlyaev, Advances in Design and Control. Society for Industrial and Applied Mathematics (SIAM) 16, 13-22 (2008).
[13] S., Beknazarova, Latipova, N., Maxmudova, J., Alekseeva, V.S.. Filtering of digital images by the convolution method/ International Journal of Mechanical Engineering, 2022, 7(1), p. 1182–1191.
[14] Beknazarova, S., Muhamadiyev A. Sh., Iterative methods for solving managed problems of the television image processing / International Conference on IT in Business and Industry (ITBI 2021). Journal of Physics: Conference Series. 2032 (2021) 012002. Omsk-2021.-P.1-10.

РЕКОНСТРУКЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ФИЛЬТРОВ

С. С. БЕКНАЗАРОВА

*профессор Ташкентского университета
информационных технологий имени
Мухаммеда Аль-Хорезми, доктор технических
наук, доцент*

*Кафедра аудиовизуальных технологий, Ташкентский университет информационных технологий имени
Мухаммеда Аль-Хорезми, Ташкент, Узбекистан
E-mail: saida.beknazarova@gmail.com*

Аннотация. В статье описана оценка точности восстановления изображения с помощью фильтров, в видеокодеках основное сжатие видеопотока обеспечивается за счет устранения межкадровой избыточности с использованием методов компенсации движения для фрагментов изображения соседних кадров. Однако использование методов компенсации движения требует формирования дополнительных данных (метаданных), содержащих информацию о типах используемых блоков изображения, координатах их перемещения и т.д. В то же время, чтобы увеличить сжатие видеопотока без ущерба для его качества, требуется более высокая точность компенсации движения, что приводит к увеличению количества блоков и, соответственно, к увеличению объема метаданных, что снижает эффективность компенсации движения. Это основная проблема сжатия потокового видео без ухудшения качества изображений. Кроме того, более высокая точность позиционирования блоков с компенсацией движения резко снижает скорость обработки изображений, что не всегда возможно в системах реального времени.

Ключевые слова: адаптация, механизм регулировки яркости, обработка динамических последовательностей изображений, реконструкция с помощью подъемных фильтров.

УДК 339.38

AGILE MARKETING: ESSENCE AND BENEFITS



L.I. Arkhipova

associate professor, PhD, BSUIR

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Republic of Belarus,
e-mail: l.arkhipova@gmail.by*

L.I. Arkhipova

Graduated from the Belarusian State University and Academy of public administration under the aegis of the President of the Republic of Belarus. Has years of experience in Semiconductor industry (Integral, Minsk). Conduct scientific researches in the field of digital business transformation and marketing technologies.

Abstracts. This article is devoted to the Agile Marketing methodology in such aspects as: essence, procedures and benefits. Agile approach was introduced as a flexible way of software development. By breaking down work into small mini projects (sprints), gathering continuous feedback, and allowing for flexibility to adapt to changes, agile helps software teams thrive. Last periods this approach has been so successful that a lot of disciplines, including digital marketing, have started to incorporate Agile practices into their processes.

Keywords: agile marketing Manifesto, Agile marketing, productivity, team work, scrum, sprint, Agile tools, principles, benefits, efficiency, digital marketing.

Introduction. Agile as the most appropriate development methodology is based on the three key elements that bring the success: collaboration; focus on business value; appropriate level of quality. “*Agile marketing*” term is borrowed from the software development practice (is declared by Agile Marketing Manifesto in 2012). Manifesto is considered as mindset on *delivering value* and interaction with customers on the base of four pillars [1,2]:

1. Individuals and interactions over processes and tools.
2. Working software over comprehensive documentation.
3. Customer collaboration over contract negotiation.
4. Responding to change over following a plan.

Agile methodology is referred to these *values* and use special tools and frameworks for implementing them: Scrum, Kanban, Extreme Programming (XP), etc. [3].

Scrum. Scrum breaks down the development phases into stages or cycles called ‘*sprints*’. The development time for each sprint is optimized and dedicated only to one sprint at a time. This is a methodology in which a small team is led by a *scrum master*, whose main job is to clear away all obstacles to completing work. All responsibilities for the cycles and final result are delegated to the team members. After one sprint ends, corrections are made to make packages which are taken to the next sprint.

Kanban. This is visual methods for developing and managing projects. Kanban concept is connected to the concept of “just in time” (JIT) philosophy and initially was introduced as a lean manufacturing system and now is considered as a way to Agile activity.

Extreme Project Management (XPM). A methodology where the project plan, budget, and final deliverable can be changed to fit evolving needs, no matter how far along the project is.

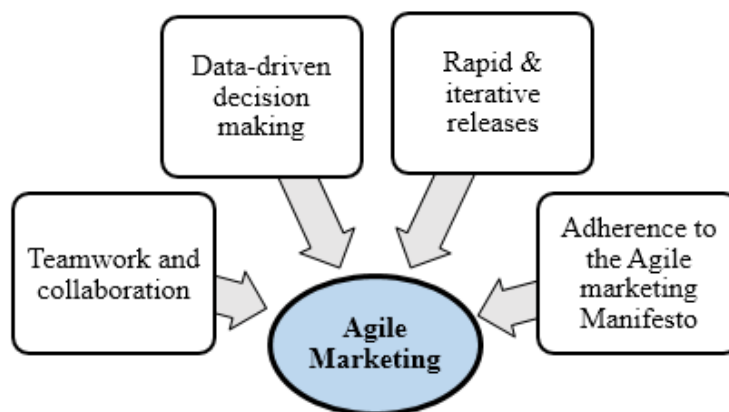
Professionals have started to use this instruments (initially born in IT sector) in digital marketing in order to increase business productivity.

Research and discussion. Agile marketing is considered as a process of finding, testing and implementing a series of specialized projects which are related to the marketing strategy and value. This definition represents the essence of this marketing category. “Agile, in the marketing context, means using data and analytics to continuously source promising opportunities or solutions to problems in real time, deploying tests quickly, evaluating the results, and rapidly iterating. At scale, a high-functioning agile marketing organization can run hundreds of campaigns simultaneously and multiple new ideas every week” [4]:

Major Agile marketing values are based on the followings [5, 6]:

1. Focusing on customer value and business outcomes over activity and outputs.
2. Delivering value early and often over waiting for perfection.
3. Learning through experiments and data over opinions and conventions.
4. Cross-functional collaboration over silos and hierarchies.

All versions of Agile marketing share multiple key characteristics (picture 1).



Picture 1. Agile marketing key characteristics

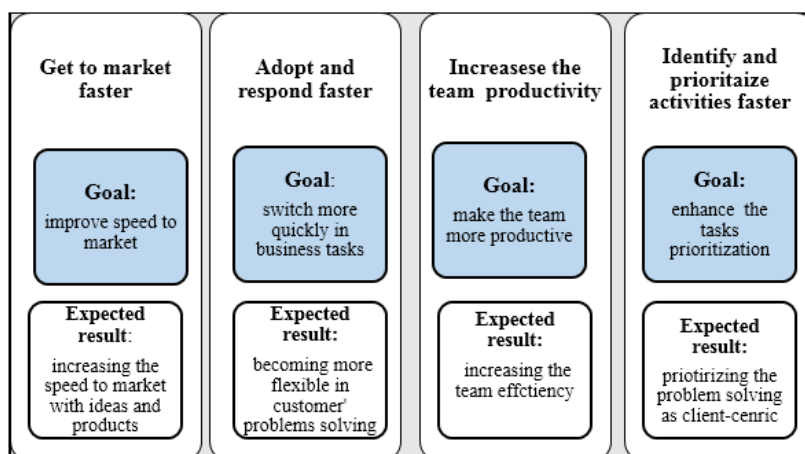
Very important to emphasize and clarify such characteristic as *data-driven decision*. This method uses data, acquired through customer interactions, and from third parties to gain a better view into customers' motivations, preferences and behaviors.

Everything in Agile marketing is data-driven. Key marketing decisions should always be informed, measured and verified by data. In Agile marketing practice never could be made the decision simply rely on opinion, assumption or feeling. Exactly, there room for the creativity: discussable ideas, inventive solutions or innovations. But all of them should be clear determined and measured for the adjusting team's efforts.

Agile approach in marketing is considered as project management and problems solving through teams' network. It allows to organize well-ordered enterprise control that support and motivate a strong leadership and human resources adjustability. Finally, business agility will make company faster, more productive and client-centric (picture 2) [7].

The results of Agile principles implementation will be the followings: get to market faster; adapt and respond faster; be more productive; enhance prioritizations of the higher-impact activities; deliver customer-centric outcomes.

Agile marketing is a tactical marketing approach in which marketing teams collectively identify high-value projects on which to focus their collective efforts. This methodology streamlines workflows to be resource-efficient.



Picture 2. Business problems solving on the base of Agile technique

Before implementation *Agile marketing in organization* need to clarify benefits and advantages of such decision (table 1). More powerful *benefits* company could earn trough the followings: adaptability, collaboration, measurability and cross-department transparency [6 ,7].

Table 1. Agile marketing benefits

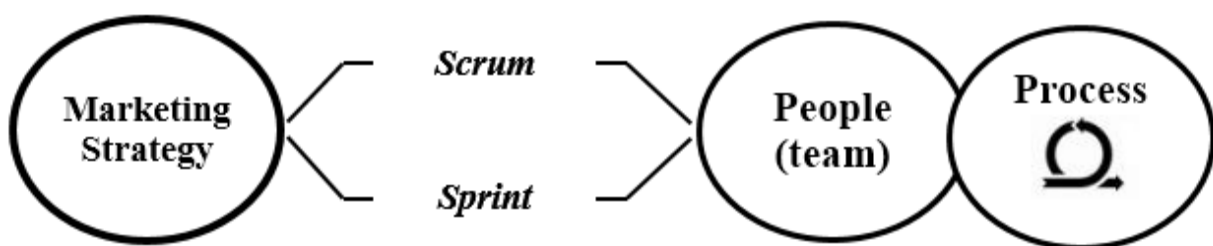
Benefit	Comments
Productivity	Data analysis and sharing efforts among prioritized tasks and projects will optimize the resources allocating to the right place. Such actions will allow to reach maximum productivity.
Transparency	Agile marketing transparency allows to observe how resources are used and distributed among the projects and needs.
Effective Priority Management	Data-driven strategy of Agile marketing helps to distribute the work to maximize high priority projects.
Measurability	Agile marketing is an opportunity for data-driven decisions - to measure all results. It helps to recognize when and where to adjust task / product / process or cycle in order to maximize the effectiveness of marketing and business.
Adapt to Change	Agile approach helps to recognize all areas that need change and support the changes at any project stages to reach the success.
Customer Satisfaction	Companies constantly improve their workflows and correspondingly increase product quality – this is the basic for higher customer satisfaction .
Competitiveness	Scrum technology increase entire team competitiveness and product competitiveness on the market: companies seek to become better, and do not become outdated. This helps to create high-quality products.
Improved Internal Communication	Teams of agile marketing work closer together on high-value projects, communication becomes more important and efficient: transparency information and right resources allocation provide a better way for internal communications
Greater Planning & Flexibility	Teams can benefit from planning and flexibility for projects. Data and analytics help recognize how many resources need to complete a project, and re-distribute tasks - to finish high value and priority projects faster.
Efficient & Continuous Improvement	As efficiency is increased for high-quality projects, this leads to growth within teams and other projects. More valuable experience and more valuable information will improve other aspects of the business.
Increased ROMI	Decreasing negative losses due to proper using resources will increase return on marketing investment and dedicate finance and time to new projects.
Scale for Growth	Successfully completed project allows businesses to start new projects - this scaling allows for businesses to grow

Agile marketing principles are the background of the values in the marketing activity [6, 9]:

1. *Customer satisfaction* – the priority of Agile marketing is to satisfy the customer through early and continuous delivery of marketing offering that solve problems.
2. *Welcome change* – teams welcome change within the project.
3. *Frequent delivery* – Agile methodology prefers a shorter time cycle vs. traditional marketing deadline (it requires to spend time for large programs preparing). Agile marketing deliver smaller iterative programs (products increments).
4. *Collaboration* – Agile marketing has close alignment with the business people, sales, and development. Through regular communication and transparency everyone knows what is happening to reduce delays or to improve the quality.
5. *Motivated team* – develop marketing programs around motivated individuals.
6. *Learning feedback loop* – learning through the build-measure-learn feedback loop. Measurements are the only way to gather data and improve.
7. *Constant pipeline* – marketers work at a steady rate and operate through the pipelines metrics.
8. *Learn from failure* – conduct measurements and data sharing allow everyone to learn and to improve processes.
9. *Focus on marketing fundamentals* – attention to marketing fundamentals and good design enhances agility. Utilize your experiences and include experiments that could be measured.
10. *Keep it simple* – simplicity is essential. By understanding the desired outcome and simplest way of problem solving will make individual work smarter.

All specified principles easily adapt to digital marketing techniques and tools. There are many strategies to get businesses to work at an efficient level, but Agile marketing is faster and beneficial.

To follow Agile principles and strategies all marketing activities could be grouped in several clusters: marketing research, advertising campaigns, new product development, SEO, content and copywriter's, UX design & HTML, lead generation, customer| acquisition, web-analytics, sales and sales promotion, marketing and sales processes automation, and etc. All this clusters are managed by professionals: in house or outsourced. All described clusters could be considered as a marketing projects – it is easy to divide all of them into to the short sprints and provide execution, control and change (if need) under scrum team responsibility (picture 3).



Picture 3. Marketing strategy and process in Agile methodology

All described marketing and sales processes and techniques could be presented as two base groups [6].

First group- is connected with a processes automation on the base of software platforms and applications – modern IT-solutions which are dedicated to the marketing and sales processes support. This direction is responsible for the business digitalization, including Big Data and AI implementation.

Second group – new products development (NPD) and customized services.

Typical examples of marketing activities which are dedicated to the **first group**:

1) **Algorithmic marketing**: this is an approach for scientifically managing a full range of marketing issues: targeted offers, communications and pricing. It employs advanced analytical methods, including predictive statistics, machine learning and natural language text mining.

It employs advanced analytical methods, including predictive statistics, machine learning and natural language text mining. In social media (SMM), algorithms help maintain order and assist in ranking search results and advertisements. Algorithmic marketing supplies automation of marketing and business processes and is deeply incorporated with Agile.

2) **Programmatic advertising**: programmatic advertising is the automated purchasing of online advertisements on websites or applications. *Real-time bidding (RTB)* provides the possibility to purchase and display targeted advertisements in an auction process (in less than a second). *Advertising exchange Platform for Automated Ad Buying and Selling* brings together *Demand Side Platforms (DSPs)* on the buy-side with Sell-side platforms (SSPs). This includes media buying, advertising placement, performance tracking, and campaign optimization.

3) **CRM-marketing**: the effective model of interaction with clients (Customer Relationship Management) which is performed by processes digitalization and automation.

Each of these activities could be judged as marketing projects which use certain algorithms, procedures and tools. Thanks to the IT-solutions such projects are performed automatically as a sprints and accumulate data files about customer's contact points, user experience, market situation, communication channels, traffic and conversion rate, competitors, price and pricing, etc. Productivity assessment of the described marketing projects is carried out by monitoring of numerous metrics and KPI that allows to make operative decisions on the chosen strategy – implement changes incrementally.

Typical examples of marketing activities which are dedicated to the **second group**:

1) **New Products Development (NPD)**, product updating and modernization. Exist two well-known project management methodologies which widely used in NPD – Agile and Waterfall. Both of them are popular in software development but need understand – which one is the best suited for different types of projects. The main difference is that Waterfall is a linear system of working that requires the team to complete each project phase before moving on to the next one, while Agile encourages the team to work simultaneously on different phases (sprints) of the project.

Agile methodology is a promising way in creation of MVP – minimum viable product. The main value and purpose of building a MVP for business is that it allows to do market research for customer demand and get feedback from real users spending a minimum of time and resources. It becomes possible to regularly upgrade the product to meet the real user needs at the stage of development.

2) **Omnichannel marketing**: this method treats every channel as its own entity, forcing to create unique content for each channel. Each channel has its own specific target audience and informational requirements. In this case *one media plan* creation and coordination should be considered as a project. But fulfillment of this media plan – should be done on the base of sprints, which are dedicated to each channels separately.

Teams who use Agile marketing approach are empowered to launch faster. Switching to Agile techniques in marketing has helped to prioritize tasks better and deliver a more relevant solution to the customers.

Conclusions and recommendations. Agile was developed as a flexible method that welcomes changes of direction even in the late process stages – these *system better fit and easily could be applied to the marketing projects*. Agile marketing *postulates and principles* could be interpreted as follows [9-11]:

Data and analytics has a priority over established opinions and intuitive decisions. This principle assumes continuous research (the market, clients, products), measurement of results, testing of hypotheses, introduction of decisions.

Cooperation and orientation to satisfaction of the want of clients. This principle consolidates efforts and focuses all employees of the organization on creation of value for clients and formation of streams of the income.

Flexible planning with modification possibility has a priority over the confirmed plans of marketing. It gives the chance to consider results of current researches and the analysis of a feedback for a duly estimation of new hypotheses and modification of marketing plans, including redistribution of budgets.

Design iteration including working out of new products/services, has a priority over global decisions. Short-term testing of hypotheses should support long-term projects.

Agile does not give accurate instructions with the described procedures. It is the concept which each company should adapt under real market conditions. Agile marketing can be considered as an application of the Agile approach to the strategy and marketing tactics to satisfy requirements of clients and to solve their problems at the expense of duly granting of value. Marketing *has* to become Agile in case if it is: stay relevant with change of customer expectations; create a culture of nonstop improvement within the organization; improve team communication and interactions.

Company must be flexible enough and allocate relevant resources to the automation and assets through Agile marketing to still be efficient.

References

- [1] What is Agile Marketing? [Electronic resource]. - An access Mode: <https://www.linkedin.com/pulse/what-agile-marketing-femi-olajiga-msc/>
- [2] Agile Marketing Basics: What Is Agile Marketing? [Electronic resource]. - An access Mode: <https://referralrock.com/blog/what-is-agile-marketing/>
- [3] List of Popular Agile Methodologies (WAVE-I) used by the Organizations Practicing Agile [Electronic resource]. - An access Mode: <https://www.linkedin.com/pulse/popular-agile-methodologies-used-organizations-dileep-appupillai/>
- [4] Basic principles of the Agile-manifesto [Electronic resource]. - An access Mode: <https://agilemanifesto.org/iso/ru/principles.html>.
- [5] Agile marketing: A step-by-step guide <https://www.mckinsey.com/business-functions/marketing-and-sales/our-insights/agile-marketing-a-step-by-step-guide>
- [6] Архипова Л.И. Agile-маркетинг в цифровом бизнесе // Актуальные проблемы современных экономических систем – 2020: сборник научных статей Международной научно-практической конференции; Брест, 27 ноября 2020 г. – Брест: БрГТУ,
- [7] What is Agile Marketing: From Buzzword to Best-in-Class Way of Working [Electronic resource]. - An access Mode: <https://www.atlassian.com/agile/agile-marketing/what-is-agile-marketing>
- [8] Agile Marketing Benefits and Its Challenges [Electronic resource]. - An access Mode: <https://www.techfunnel.com/martech/agile-marketing-benefits/>
- [9] Agile-marketing: 10 principles of flexible planning in business [Electronic resource]. An access Mode:
- [10] Agile Marketing: The Ultimate Guide [Electronic resource]. - An access Mode: <https://www.ventureharbour.com/agile-marketing-ultimate-guide/>
- [11] How to Succeed with Agile Marketing in 2022 [Electronic resource]. - An access Mode: <https://www.modernmarketingpartners.com/2022/01/04/how-to-succeed-with-agile-marketing-in-2022/>

AGILE-МАРКЕТИНГ: СУЩНОСТЬ И ПРЕИМУЩЕСТВА

Л.И. АРХИПОВА

*Доцент кафедры экономики БГУИР,
кандидат экономических наук, доцент*

*Учреждение образования Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Республика Беларусь.*

E-mail: l.arkhipova@gmail.com

Л.И. Архипова

Окончила Белорусский государственный университет и Академию управления при Президенте Республики Беларусь. Имеет многолетний опыт работы в реальном секторе экономики (НПО «Интеграл»). Преподает в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники. Проводит научные исследования в области современных технологий менеджмента и цифровой трансформации бизнеса.

Аннотация. В данной статье рассмотрена методология Agile-маркетинга: сущность, принципы, процедуры и выгоды. Agile-подход изначально был внедрен как способ трансформации разработки программных продуктов. Разбивая все работы на мини-проекты (sprint), изучая обратную связь и внедряя гибкий подход к изменениям, создаются условия для успешной командной работы. В последнее время данный подход стал настолько успешным, что многие дисциплины, включая маркетинг, стали инкорпорировать Agile-практику в свои процессы.

Ключевые слова: Agile манифест маркетинга, Agile-маркетинг, продуктивность, командная работа, scrum и sprint, Agile-инструменты, принципы, эффективность, преимущества, цифровой маркетинг.

UDK 004.8233

INTELLIGENT TECHNOLOGIES FOR CREATING AND DEVELOPING OPEN SYSTEMS



O.S. Abdullaeva

doctor of philosophy degree

associate professor of dept.

“Information Technology in Technical Systems“

Doctor of philosophy degree (PhD) in pedagogical sciences, associate professor of dept. “Information Technology in Technical Systems” of Namangan Engineering Construction Institute, Namangan, Uzbekistan, E-mail: aspirantka.030@gmail.com

O.S.Abdullayeva

Abdullaeva Ozoda Safibullaevna is an associate professor at the Department of Information Technologies in Technical Systems of the Namangan Civil Engineering Institute. She conducts research work on the topic “Improving the technology for the development of information and management competencies of undergraduates of technical higher educational institutions” in the field of pedagogical sciences. She is the author of more than 180 scientific publications.

Abstract- The article describes the directions of development of intellectual information knowledge systems and methods of their implementation; features, characteristics and capabilities of the intellectual information knowledge system; features and characteristics of model-based knowledge demonstration models in the system of intellectual information knowledge; intellectual information is aimed at solving important tasks on the development trends of the knowledge system.

Keywords: intellectual information system, intellectual information system of knowledge, models, systems of knowledge.

Today, artificial intelligence is becoming more and more popular in almost every aspect of our daily lives. Artificial intelligence is usually concerned with the creation of computer systems with the capabilities of the human mind: understanding, learning, discussing, solving problems, translating, and so on. During the study of artificial intelligence, human-intelligent programming, technologies and tools for designing intelligent systems, databases, knowledge bases, database management systems, speech interfaces, computer linguistics, computer graphics, computer networks and web programming, information security in computer systems.

The main purpose of artificial intelligence was originally to play the role of an “enhancer” of the human mind, and this allowed it to solve a problem that required such knowledge, experience, and a way of thinking that it could not. It was not considered necessary or purchased until he encountered the problem. For any typological category of intellectual system (ES, NS or hybrid) to fully meet this goal, it must have the qualities (characteristics and abilities) of an ideal human assistant: - honesty, understanding, receptivity and diligence. If we turn to more specific concepts, then from the point of view of IS construction theory and practice, these qualities are interpreted as follows: - communication, interpreted as different ways of communicating with the existing system for all categories of users; - universality of the various tasks that make up the range of problems in which the system must operate; - "ability" to learn on the basis of experience and knowledge, change the conditions for solving the problem of adaptation; - appears for

reconstruction when changing the basic rules (concepts) of the subject (and therefore the problem) area [1].

Intelligence is the ability of the human brain to solve intellectual problems. The process is based on the experience of receiving, remembering, and modifying target knowledge, as well as adapting it to different contexts.

The word "knowledge" in the above definition refers not only to the information received by man through the senses, but also to the interconnectedness of all the objects in nature that surround us.

Everyone stores in their brains all the visual and auditory information around their location. Knowledge, therefore, is the result of an idea that has been tested in practice and logically determined. Basically, knowledge is a person's understanding, thinking, and theory, and it develops as a result of learning in the course of life [2].

Artificial intelligence is the ability of automatic systems to perform specific functions of human intelligence. For example, it is necessary to answer the optimal question by selecting on the basis of previous experience and analyzing external influences.

Work in the field of artificial intelligence is aimed at creating methods, tools and technologies for designing computer systems (training, expert, consulting, robotics, etc.) to solve traditional intellectual problems. is one of the most important tasks in design.

The resolution of the President "On measures to create conditions for the rapid introduction of artificial intelligence technologies" is also in line with the strategy "Digital Uzbekistan - 2030" and the rapid introduction of artificial intelligence technologies and their widespread use in the country, expanding the use of digital data. was accepted for training. This decision approved a program of measures for the study and introduction of artificial intelligence technologies in 2021-2022. The program identifies a number of tasks related to the development of artificial intelligence development strategy and regulatory framework, its widespread use in improving the quality of public services, the creation of local ecosystems of innovative developments in the field and the development of international cooperation [3].

Artificial intelligence is a technology that focuses on thinking and acting like humans on computers, artificial intelligence requires high-powered computers, data, artificial intelligence algorithms to work. According to the definition of scientists, artificial intelligence is an intellectual artificial system that performs the logical and creative functions of man. Artificial intelligence is extremely relevant in the current information age, and humanity will find positive solutions to the global problems of the XXI century through the discovery of new opportunities in science through artificial intelligence. It will also increase the availability of quality services in medicine, education, energy, agriculture, urban planning and all other areas. By September 1, 2021, a digital data platform will be created for the population and the necessary users to use artificial intelligence-based software and other data. Each of these educational institutions attracts highly qualified specialists in artificial intelligence from abroad. In addition, special courses on the application of artificial intelligence technologies in sectors of the economy and public administration will be organized at 15 universities. Any achievement of science and technology should serve the development of mankind. At the heart of the state programs aimed at the development of artificial intelligence in our country is the noble goal of improving the quality of services provided to the population, saving time and money of citizens, as well as the development of the industry at world standards.

The following areas of information technology are studied in the study of artificial intelligence: programming and object-oriented programming; intelligent programming; technologies and tools for designing intelligent systems. Databases, knowledge bases and database management systems: speech interface, computer linguistics and computer; computer networks and Web applications; information security in computer systems; Practical geographic information systems.

A graduate of the specialty "Artificial Intelligence" can work in enterprises and organizations that manufacture and operate computer equipment, computer systems and networks, software. Our country has set many tasks aimed at the introduction of artificial intelligence technologies, their widespread use, expanding the use of digital data, training qualified personnel in this field, in short, the development of the industry at the level of world standards.

In this regard, strategies for the development of artificial intelligence have been adopted in more than 30 countries, including the United States, Germany, Japan, France, Korea and Canada.

In conclusion, it should be noted that the "Joint Union" for the development of artificial intelligence is being formed in government agencies, commercial banks, large industrial enterprises. This alliance will serve for the rapid and joint implementation of priority projects for the introduction of artificial intelligence technologies in the economy and the social sphere, public administration, optimization of costs for their development, dissemination of best practices in this area among government agencies and bodies. The system increases the quality of service in all areas.

References

- [1] X.N.Zayniddinov, T. A. Khodjakulov, MP Atadjanova Artificial intelligence. Toshkent 2018 y.
- [2] X.Nigmatov. Toshkent 2019 y. 3.Sh.Nazirov, A.Nematov, R.Qobulov, N.Mardonova. Database. Toshkent 2007 y.
- [3] A.R.Ruziqulov. Methodological issues of database creation. Toshkent 2006 y.
- [4] M.Kadirov. Information Technology Part 1. Toshkent 2018 y.
- [5] Information systems and technologies. Toshkent 2000 y
- [6] Abdullaeva O. S. Technologies enhance the educational process of professional colleges and academic lyceums (for example, studying the course of informatics and information technology) //Monograph. Publisher: Navruz.-Tashkent. – 2016. – С. 189.
- [7] Abdullaeva O. S. Technologies of increasing the efficiency of the process of preparing for pedagogical activity of students in the direction of vocational education //Diss... PhD in pedagogical sciences: 13.00. 01.-Namangan. – 2018. – С. 156.
- [8] Abdullayeva O., Beknazarova S. MEDIA CULTURE OF MODERN YOUTH IN UZBEKISTAN //Современное состояние медиаобразования в России в контексте мировых тенденций: материалы II международной научной конференции. Таганрог, 15 октября 2020 г. – ООО ДиректМедиа, 2020. – С. 22.
- [9] Beknazarova S., Abdullayeva O., Abdullayev Z. METHODS OF PROCESSING INFORMATION RESOURCES IN MULTIMEDIA SYSTEMS //Конференции. – 2021.
- [10] Abdullayeva O., Mallaboyev N. PROCESS OF STUDENT SELF-EDUCATION AND ITS DESIGN //Scientific Journal of Polonia University. – 2018. – Т. 27. – №. 2. – С. 116-119.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ ОТКРЫТЫХ СИСТЕМ

О.С.АБДУЛЛАЕВА

*доктор философии (PhD) по педагогическим наукам, доцент
Наманганского инженерно-строительного института*

*Кафедра "Информационные технологии в технических системах"
Наманганский инженерно-строительный институт, Наманган, Узбекистан,
E-mail: aspirantka.030@gmail.com*

Аннотация В статье описаны направления развития интеллектуальных информационных систем знаний и методы их реализации; особенности, характеристики и возможности интеллектуальной информационной системы знаний; особенности и характеристики модельных представлений интеллектуальных информационных систем; интеллектуальная информация направлена на решение важных задач по направлениям развития системы знаний.

Ключевые слова: интеллектуальная информационная система, интеллектуальная информационная система знаний, модели, системы знаний.

УДК 330.44

THE STRUCTURE OF THE WORLD ADVANCED MANUFACTURING: ESTIMATION USING MULTI-REGIONAL INPUT-OUTPUT TABLES EORA, WIOD AND OECD-ICIO



A. Bykau

*doctor of economic sciences,
professor, vice-rector for
research at BSEU*



U. Parkhimenka

*ph. d., associate professor, head
of the department of economics
at BSUIR*



V. Vernyakhovskaya

*master of economics, deputy
dean of the faculty of
engineering and economics at
BSUIR*

Belarus State Economic University, Republic of Belarus

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus

E-mail: aliaksei.bykau@yandex.ru, parkhimenko@bsuir.by, verniahovskaya@bsuir.by

A. Bykau

Graduated from BSEU. Doctor of economic sciences, full professor. Works as a vice-rector for research at BSEU. Scientific research area: economic growth and development, input-output economics, global value chains, crisis management. Has more than 150 publications, including 7 monographs.

U. Parkhimenka

Graduated from BSUIR. PhD in economics, associate professor. Works as a head of economics department at BSUIR. Research interests include input-output analysis of economic processes at national, regional and global levels.

V. Vernyakhovskaya

Graduated from BSUIR. Master of economics. Works as a deputy dean of the faculty of engineering and economics at BSUIR. Research areas: technology transfer, innovative activity, information technologies in marketing.

Abstract. The future of the world economy is usually associated with the development of an innovative sector, where human capital is the main production factor. Despite the general trend of growth in the service sector, a strong manufacturing industry remains a prerequisite for the innovative development of the economy, especially the most innovative part of manufacturing including the production of electronics, robots, machinery and equipment, and vehicles. The degradation of industrial capacity deprives a national economy of growth opportunities, increases its dependence on foreign manufacturers of high-tech products and components, and hinders innovations, since the scope of their application is narrowing. In this paper we've processed statistics to view the regional structure of the world's advanced manufacturing in dynamics. Such an analysis could be useful to track structural shifts that occur in the geographical location of innovative production over time, to identify countries and regions in which the advanced manufacturing industry is developing at a faster pace.

Keywords. Advanced manufacturing. Input-output analysis. Multi-regional input-output tables.

Definition of advanced manufacturing

In the scientific literature, there is a traditional reference to the definition of advanced manufacturing proposed in [1]: “a family of activities that (a) depend on the use and coordination of information, automation, computation, software, sensing, and networking, and/or (b) make use of cutting edge materials and emerging capabilities enabled by the physical and biological sciences, for example nanotechnology, chemistry, and biology”.

Another the most cited relevant result is an exact set of “top 50 industries that constitute the advanced industries sector” proposed by Muro, et al (2015) [2]. Among those industries 35 belongs to advanced manufacturing, including, for example, Aerospace Products and Parts, Communications Equipment, Computers and Peripheral Equipment, Resins and Synthetic Rubbers, Fibers, and Filaments, Pharmaceuticals and Medicine, etc. In categorization industries as “advanced”, the authors used 2 criteria: R&D spending exceeds 450 USD per worker, and over 21 percent of an industry’s workforce can be found in occupations requiring a high-degree of STEM knowledge. For operationalization purposes, it’s important that all 35 advanced manufacturing industries are defined by authors at the four-digit North American Industry Classification System (NAICS) code level.

Paying tribute to such an approach, we still see several problems with it.

First of all, it is based on and applies to the specifics of the US economy in 2014–2015. Whether it is fully applicable to other economies of the world and whether it is still relevant in relation to the values of the selection criteria is an open question. As a sub-problem one should remember about NAICS conversion to other systems – International Standard Industrial Classification of All Economic Activities (ISIC), Chinese Industry Classification System (GB/T 4754), United Kingdom Standard Industrial Classification of Economic Activities (UKSIC), Russian Economic Activities Classification System (OKVED), etc.

Another problem arises in relation to the nature of advanced manufacturing. It’s not about formal statistical grounds, it’s about engineering properties of products and technological processes. Traditional statistical classification wasn’t designed to fully grasp advanced manufacturing innovativeness. Under the same statistical category, one can have a variety of manufacturing activities, from rather “primitive” to highly “advanced”.

To our view, there is still no single one-fits-all approach when using traditional statistical data. To make an accurate measurement of advanced manufacturing we need additional primary data based on engineering expertise and not usually incorporated in existing official statistics. Under these circumstances, one should not be deceived by using sophisticated multi-item categorization scheme, because it doesn’t always mean more accurate analysis. Without primary engineering data, there is room only for describing tendencies in rather broad categories.

One example of a simple classification and a non-detailed approach can be found in (Richter et al., 2019). While using input-output methodology, the authors refer to advanced manufacturing such (rather high-level classified) industries as Primary metals, Fabricated metal products, Machinery, Computer and electronic products, Electrical equipment, appliances, and components, Motor vehicles, bodies and trailers, and parts, Other transportation equipment [3].

In further analysis for indirect estimations of advanced manufacturing, we use different sets of statistical entities due to data available (Table 1).

The problem of statistical analysis

Typically, statistical analysis uses indicators of the industry share in the GDP. For example, UN statistics shows the value added created in manufacturing as a percentage of GDP for each country [4]. Such an indicator in 2015, for example, was 10.5% for the UK, 11.7% for the US, 20.9% for Japan, 22.6% for Germany, 29.4% for China, 37.5% for Ireland. These figures reveal the sectoral structure of the analyzed economies, but they do not show the contribution of each country or a region to the global production of the given product. In addition, the UN statistics presents the entire manufacturing industry (see ISIC, section D), but not advanced manufacturing.

Table 1. This paper’s categorization of advanced manufacturing industries

MRIO name	Industries
Eora	No 9 – Electrical and Machinery No 10 – Transport Equipment
WIOD	C21 Manufacture of basic pharmaceutical products and pharmaceutical preparations C26 Manufacture of computer, electronic and optical products C27 Manufacture of electrical equipment C28 Manufacture of machinery and equipment n.e.c C29 Manufacture of motor vehicles, trailers and semi-trailers C30 Manufacture of other transport equipment
OECD-ICIO	D21 Pharmaceuticals, medicinal chemical and botanical products D26 Computer, electronic and optical equipment D27 Electrical equipment D28 Machinery and equipment, nec D29 Motor vehicles, trailers and semi-trailers D30 Other transport equipment

The regional structure of advanced manufacturing is described in reports of leading consulting companies. The report on the Global Industrial Machinery Industry describes this industry in details with the estimated volume of the world market of 566 billion USD in 2020 [5]. The structure of manufacturing output as a percentage of global production is given in the statistical reports of UNIDO [6]: in the third quarter of 2019, Europe accounts for 23.5% of global manufacturing output, North America takes 20,0% and China take 19,2%. HowMuch.net contains data on world’s manufacturing output in 2019, according to which China produced by 4 trillion USD, the USA produced by 2,3 trillion USD and Japan earned 1,0 trillion USD [7]. Brookings' report “Global manufacturing scorecard: How the US compares to 18 other nations” provides data for 2015, according to which China produced goods worth 2 trillion dollars, which accounted for 20% of the global manufacturing industry, the share of the United States was 18%. According to the UN, however, in 2015, the value added of the manufacturing industry in China amounted to 3.2 trillion dollars, which differs from Brookings’ estimates. Chinese value added in manufacturing was 3.9 trillion dollars in 2019, which is close to the estimates of HowMuch.net.

When comparing data from wide range of sources of information, one can notice various inconsistencies. It is not always clear which indicators are being compared: gross output or gross value added. The absolute and relative values of these indicators for the same period may differ in different sources. In addition, it is quite difficult to find statistics on individual products of the manufacturing industry that make up advanced manufacturing.

Authors propose to make statistical comparisons of data based on multi-regional input-output tables (MRIO), since the indicators in these tables are uniform. The names and the number of sectors (or products) for each economy is the same for a long period. The values of indicators of gross output, value added, final demand etc. are measured in the same money units for all countries, sectors and periods. Any MRIO is a model of global economy which is more or less balanced and consistent (though the data itself has flaws, the use of mathematical algorithms allows to make best possible estimates).

MRIO Eora, WIOD, OECD-ICIO: opportunities and limitations

A multi-regional input-output table is used primarily for measuring value added in trade, or degree of backward and forward integration within value chains, but it can also be used for cross-country comparisons of statistical indicators. The known MRIO covering a significant part of the world economy are: the World Input-Output Database (WIOD), the Global Trade Analysis Project database (GTAP), and the OECD-ICIO database. We have used also the data of another well-known multi-regional IO table - "Databases of the global supply chain Eora" [8, 9].

When choosing between Eora, WIOD and other multi-regional tables, we were guided by such considerations as coverage of the largest time interval for analysis, as well as the largest number of covered countries. According to these criteria, Eora was selected, in which data are presented for the period from 1990 to 2015. OECD-ICIO and WIOD provide data since 1995 and 2000 respectively. Eora is characterized by the most complete coverage of countries in the world, distinguishing 190 countries versus 43 economies in WIOD and 64 economies in OECD-ICIO.

The problem arising when using any MRIO, is unreliability of the data. The paper [10] provides information on the deviations of the indicators of various MRIOs from the data of the UN System of National Accounts, taken as a standard. The WIOD estimates of the GDP differ from the reference ones by $\pm 7\%$. For GTAP, the deviation of this indicator is more significant: for most economies it is underestimated by an average of 7%, but sometimes it differs from the benchmark by 12-14%. Domestic demand, exports and imports also differ from benchmarks, up to 40%, more often downward. Eora's data accuracy is analyzed in the paper [11].

Methodology and results

In the selected version of MRIO, Eora26 [12], all economies are divided into 26 sectors (or products), based on the ISIC Rev. 3. Among 26 sectors used in Eora26, authors took N9 – Electrical and Machinery and No.10 – Transport Equipment. In our opinion, these are the sectors that make up advanced manufacturing or at least are the best approximation of it given the specifics of Eora 26.

When choosing indicators of statistical evaluation between gross output and gross value added, we selected gross (total) output. Our choice is due to the fact that modern innovative products include the services of third-party organizations (R&D, Software, other business services), the costs of which are not reflected in gross value added.

We used R language in RStudio IDE for working with Eora26 tables and Microsoft Excel to visualize final results. Data on advanced manufacturing total output by country retrieved from Eora database was processed further by several simple procedures:

(a) Share of each country in the world advanced manufacturing total output in the respective year was calculated, thus giving the time series of such shares in 1990-2015.

(b) Four countries (former USSR, Armenia, Kazakhstan, Guyana) were deleted from the list because of obvious inaccuracies in the relevant data.

(c) All other economies were grouped in 4 regions of the world: North America, Europe, Asia and the Rest of the world. North America includes the United States and Canada, Europe includes all contemporary EU members, Asia includes all geographically Asian countries, with the exception of the republics of the former USSR.

(d) Countries were ranked by the average share in total output (averaged for the mentioned period).

(e) Top-7 countries were selected for special analysis and forecast.

(f) Forecast (simple linear trend) for these 7 countries was made for 2021-2022 based on Eora 26 data for 2010-2015 and World Development Indicators [13] data for 2016-2019.

Results of calculations in regional contribution to the global advanced manufacturing are shown in Figure 1.

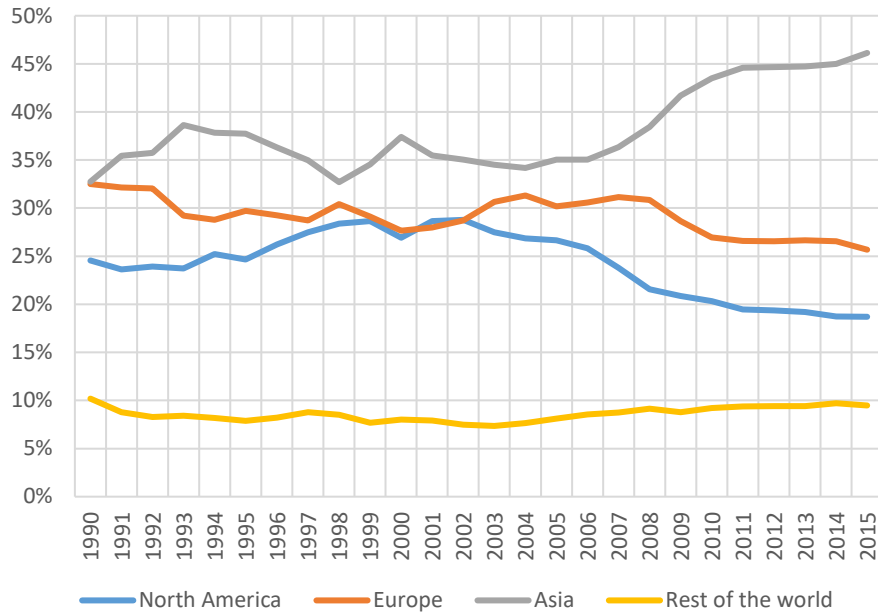


Figure 1. Dynamics of world advanced manufacturing total output at basic prices by region in 1990–2015

Source: Calculated by authors with data from MRIO Eora 26.

Results of forecasting for 2021-2022 and dynamics of total output by the top-7 countries during 1990–2019 are visualized in Figure 2.

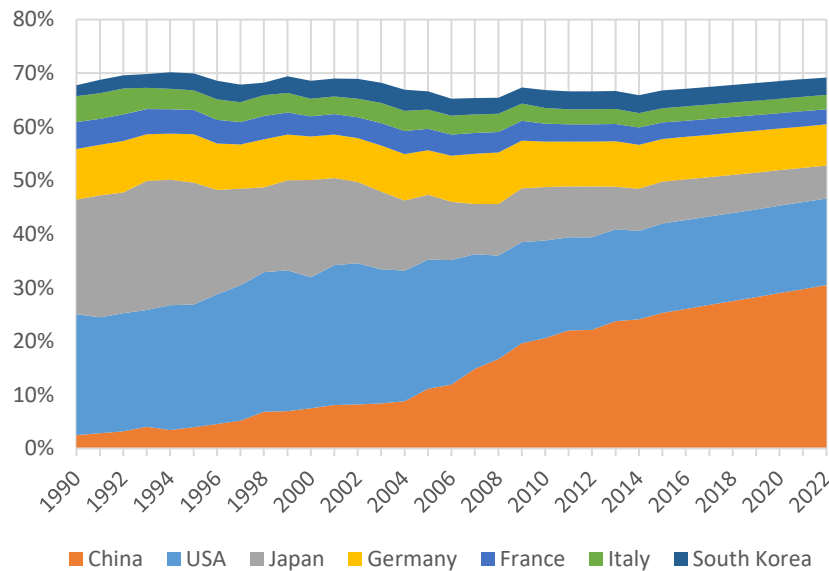


Figure 2. Dynamics of advanced manufacturing total output by country in 1990–2019 with forecast till 2022

Source: Calculated by authors with data from Eora 26 and World Development Indicators.

The growing role of China

From the analysis of Figure 2, the growing role of China is obvious. This role is even more noticeable when considering the share of intermediate consumption of products of advanced manufacturing within the country (domestic intermediate consumption) in relation to the world output of advanced manufacturing (Figure 3).

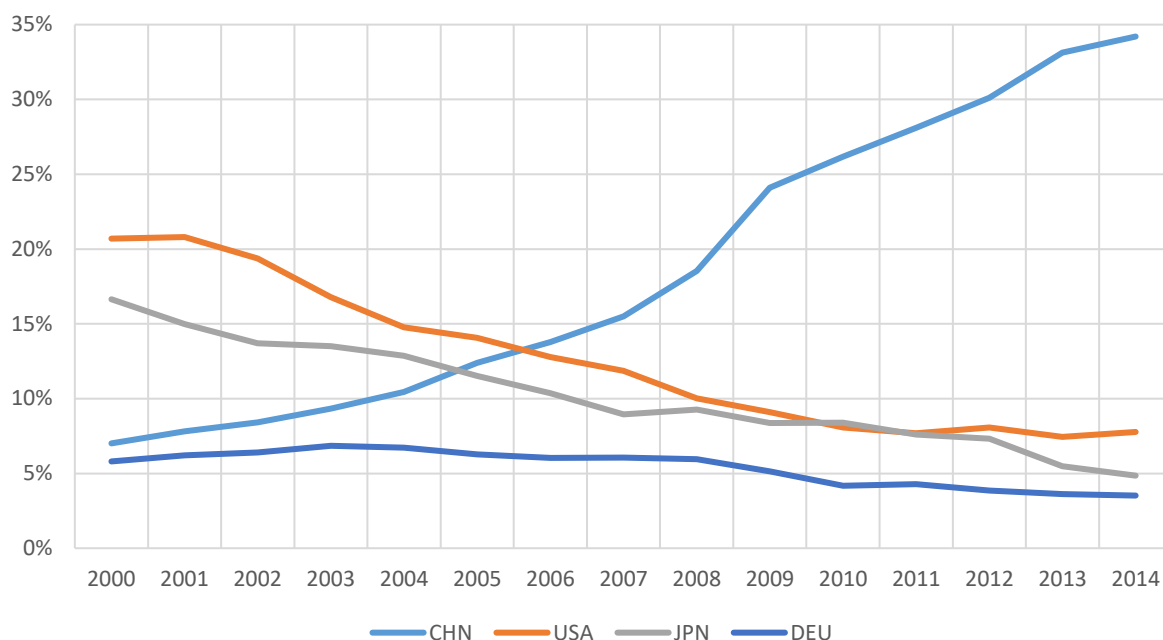


Figure 3. Dynamics of the share of domestic intermediate consumption to global intermediate consumption in advanced manufacturing

Source: Calculated by authors with data from OECD-ICIO.

In 2000, China's share was just over 5%, and already in 2014, it was almost 35%. This indicates that in the Chinese economy, national inter-industry chains in the field of high-tech industry have significantly developed and become more complex, and China has ceased to be just an assembly shop.

Using the approach described in the paper [14], according to the OECD-ICIO data, it is possible to calculate and visualize the dynamics of the contribution of individual industries to the trade balance, taking into account the added value they create (in exported goods and services) and the final and intermediate imported goods and services consumed in absolute terms (Figure 4).

As the analysis shows, despite China's significant success in advanced manufacturing, yet taking into account the final imports of knowledge-intensive products and the intermediate imports required for the functioning of such an industry, China still needs external goods and services.

However, a more detailed analysis shows (figure 5) that two industries have a stable positive contribution: Computer, electronic and optical equipment and Electrical equipment.

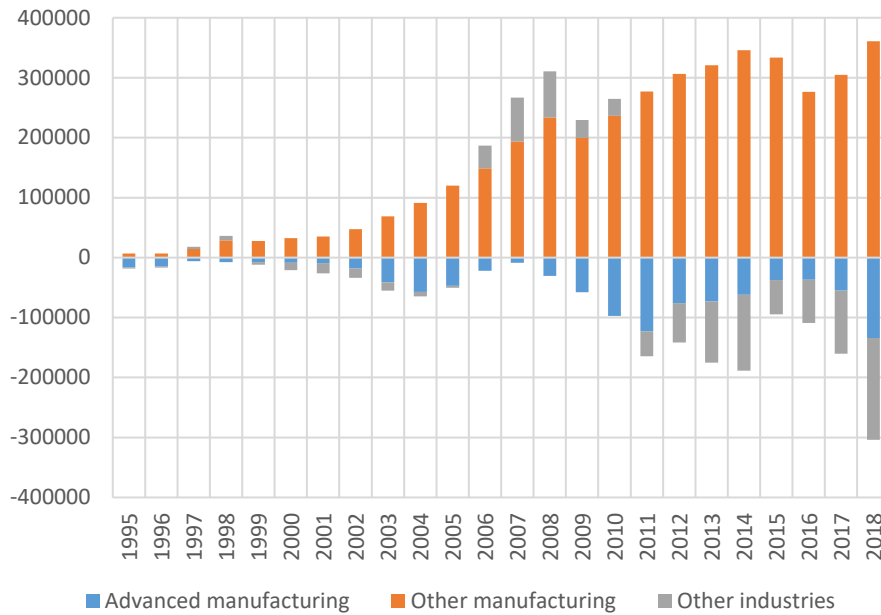


Figure 4. Dynamics of the contribution of individual industries to the trade balance, taking into account the added value they create and the imported goods and services consumed (thousands USD, absolute terms)

Source: Calculated by authors with data from OECD-ICIO.

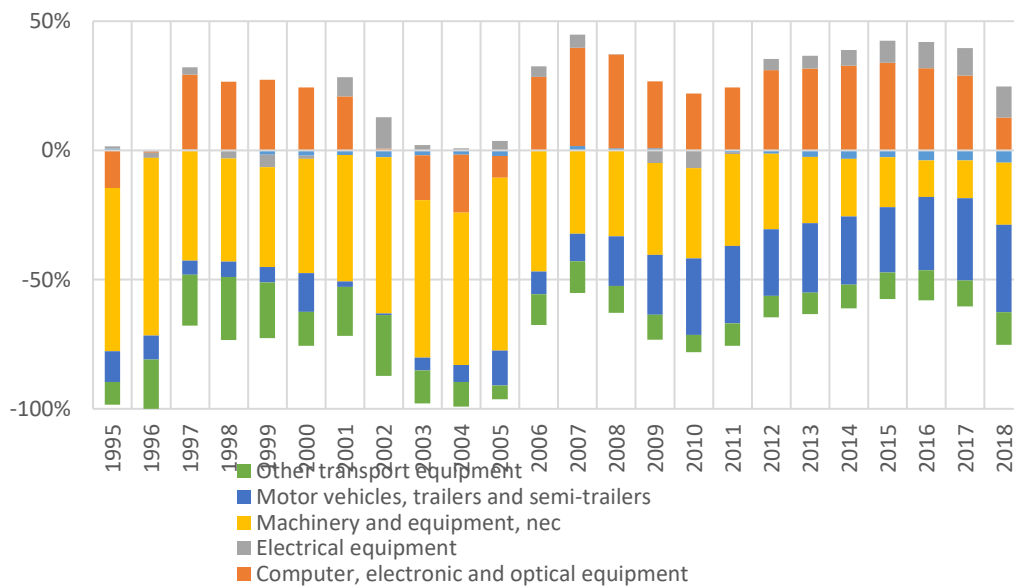


Figure 5. Dynamics of the structure the contribution of advanced manufacturing industries to the trade balance, taking into account the added value they create and the imported goods and services consumed

Source: Calculated by authors with data from OECD-ICIO.

Conclusions, discussion and future research

Until 2008, Europe and North America dominated in terms of output in the advanced manufacturing of the world. Japan and South Korea also made a significant contribution. After the 2008 global financial crisis, the situation changed dramatically, American and Japanese

manufacturers began to lose market share, yielding to Asian manufacturers. China annually increased its share in the world market of advanced manufacturing products by almost 1%, Japan and the United States together lost 1% of this market annually.

In the short term, China remains the largest producer of electronics, machinery and equipment, and vehicles, as well as their most important exporter. The powerful industrial sector is a base for the innovative development of Chinese economy in the future.

MRIO databases are a handy statistical tool and data source for analyzing global production and markets. The accuracy of the given results needs additional verification, but as the MRIO data and methodology improves, accuracy will increase.

References

- [1] Report to the President on Ensuring American Leadership in Advanced Manufacturing (June, 2011). URL: <https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast-advanced-manufacturing-june2011.pdf>
- [2] Muro, Mark, Jonathan Rothwell, Scott Andes, Kenan Fikri, and Siddharth Kulkarni. (2015). America's Advanced Industries - What They Are, Where They Are, and Why They Matter. The Brookings Institution. February 2015. URL: https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2015/02/AdvancedIndustry_FinalFeb2lores-1.pdf
- [3] Richter, J. S., Mendis, G. P., Nies, L., & Sutherland, J. W. (2019). A method for economic input-output social impact analysis with application to US advanced manufacturing. *Journal of Cleaner Production*, 212, 302-312.
- [4] UN National Accounts Main Aggregates Database. URL: <https://unstats.un.org/unsd/snaama/Index>
- [5] Global Industrial Machinery Industry. URL: https://www.reportlinker.com/p05960995/Global-Industrial-Machinery-Industry.html?utm_source=GNW
- [6] World Manufacturing Production. URL: https://www.unido.org/sites/default/files/files/2020-09/World_manufacturing_production_2019_q3.pdf
- [7] Mapping Countries Manufacturing Output: China's Superpower vs. the World. URL: <https://howmuch.net/articles/map-worlds-manufacturing-output>
- [8] Lenzen M, Kanemoto K; Moran D, and Geschke A (2012) Mapping the structure of the world economy. *Environmental Science & Technology* 46(15) pp 8374–8381. DOI: 10.1021/es300171x. Supplementary Information
- [9] Lenzen, M., Moran, D., Kanemoto, K., Geschke, A. (2013) Building Eora: A Global Multi-regional Input-Output Database at High Country and Sector Resolution. *Economic Systems Research*, 25:1, 20-49, DOI:10.1080/09535314.2013.769938
- [10] Jones, L, et al. The Similarities and Differences among Three Major Inter-Country Input-Output Databases and their Implications for Trade in Value Added Estimates // U.S. International Trade Commission. Office of Economics Working Paper No. 2014-12B. - Wash. DC, 2014 - 37 pp.
- [11] Uncertainty and Reliability in the Eora MRIO tables / Eora MRIO, Australian research council. URL: <https://worldmrio.com/EoraConfidence.pdf>
- [12] The Eora Global Supply Chain Database. URL: <https://worldmrio.com/>
- [13] World Development Indicators. URL: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
- [14] Bykau A., Khvalko T. 2017. Using input-output tables to measure the contribution of industries to the trade balance. *Ekonomika*. Vol. 63. № 3. P. 1–12.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ МИРОВОЙ НАУКОЕМКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ С ПОМОЩЬЮ МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫХ ТАБЛИЦ ЗАПРОС-ВЫПУСК EORA, WIOD И OECD-ICIO

А. БЫКОВ

*Д.э.н., профессор, проректор
по научной работе БГЭУ*

В. ПАРХИМЕНКО

*К.э.н., доцент, заведующий
кафедрой экономики БГУИР*

В. ВЕРНЯХОВСКАЯ

*Магистр экономики,
заместитель декана
инженерно-экономического
факультета БГУИР*

*Белорусский государственный экономический университет, Республика Беларусь
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь
Email: aliaksei.bykau@yandex.ru, parkhimenko@bsuir.by, verniahovskaya@bsuir.by*

Аннотация. Будущее мировой экономики обычно связывают с развитием инновационного сектора, где человеческий капитал является основным фактором производства. Несмотря на общую тенденцию роста в сфере услуг, предпосылкой инновационного развития экономики остается сильная обрабатывающая промышленность, особенно в ее наиболее инновационной части, включая производство электроники, роботов, машин и оборудования, транспортных средств. Деградация производственных мощностей лишает национальную экономику возможностей роста, увеличивает ее зависимость от зарубежных производителей высокотехнологичной продукции и комплектующих, сдерживает инновации, поскольку сужается сфера их применения. В данной работе на основе данных межрегиональных таблиц «затраты - выпуск» делается попытка оценить региональную структуру наукоемкой промышленности в мире. Такой анализ может быть полезен для отслеживания структурных сдвигов, происходящих во времени в географическом размещении инновационных производств, для выявления стран и регионов, в которых опережающими темпами развивается наукоемкая промышленность.

Ключевые слова. Наукоемкая промышленность. Анализ «затраты - выпуск». Межрегиональные таблицы «затрат-выпуск».

УДК 004.62

APPLICATION MACHINE LEARNING TO CONTROL STUDENTS TRAJECTORY



F.M. Alimova
senior Lecturer

*Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al Khorazmiy.
E-mail: fotima.pm@mail.ru*

F.M. Alimova

She graduated from the Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al Khorazmiy. TUIT teacher on the estate of Muhammad al Khorazmiy

Abstract. Successful and productive development of the country's digital economy is a key factor in sustainable development, production growth in all areas of socio-economic activity, which increases the country's competitiveness, the quality of life of citizens, ensures economic growth and national sovereignty. Currently, modern vocational education is moving to a qualitatively new level in connection with the introduction of a competency-based approach, which aims to provide students with tools for both understanding and action, allowing them to perceive new socio-economic realities, as well as navigate in changing conditions learning and work.

The authors of the article are offered a multi-parameter model that analyzes all the parameters of a graduate based on big data and provides estimates for the qualifications of graduates.

Keywords: education, teaching methods, intellectual analysis, assessment, qualification, competence, learning process, innovation.

Today, the labor market requires highly qualified, highly competent personnel. The curricula of universities are adjusted to the requirements of the labor market. E-education around the world is rapidly developing and the main problem is the timely provision of students with high-quality educational information. This task cannot be solved without analyzing the large flow of information that enters the information environment of e-education from the participants in the educational process - students, teachers, administration, etc. There are many different types of data, both structured and unstructured, that are difficult to process with traditional statistical methods.

E-education reveals new, sometimes hidden, relationships in big data, new knowledge (data mining), which can be used to improve the educational process and increase the efficiency of its management. To classify electronic educational resources, identify patterns (templates) of students with similar psychological, behavioral and intellectual characteristics, develop individualized curricula, the article proposes to use big data analysis methods.

To date, many software applications for big data mining have been developed. These software products can be used for classification, clustering, regression and network analysis of educational information. The use of these methods in e-education will allow teachers to receive information about students in a timely manner, quickly respond to any changes in the learning process, and make timely changes to educational content. As well as the data obtained make it possible to manage the student's educational trajectory.

The trend that takes into account the individual characteristics and personal qualities of students gives a transition to student-centered learning standards. Today, it is especially important

in the context of the introduction of such "future technologies" as expert systems, robotics and additive manufacturing methods. Educators are making efforts to find a model of an individual approach in mass education, which will allow the use of an adaptive approach in education that takes into account the individual characteristics of each student. In the 19th century, this was achieved through the individual work of the teacher with each of the students, identifying his preferences, inclinations, determining the material that the student did not learn. This is not possible in modern streaming teaching, as teachers are overloaded due to the increase in the number of classes that the teacher works with. In addition to this, the number of students, subjects taught and the amount of "paper work" are growing. In this situation, many children have reduced motivation to study, which remains with them even at the stage of obtaining higher education at the university. One of the results is that the vast majority of university graduates work outside their specialty. Of course, there are exceptions to these rules, but, in general, the situation does not change. As a solution to the problem, it can be proposed to build an individual learning trajectory. In the case of mass streaming education, the task of constructing an individual learning path can be solved using machine learning algorithms and statistical methods.

Elective modules allow students to independently form up to 30% of the educational program. The task of this part of the educational program is to teach the student to make decisions independently, make informed choices, find their own deficits and ways to fill them, focusing on the goals and objectives set for themselves, understanding the image of the profession, analyzing the external situation, their own experience, changes in metropolis environment [2]. Such a system of choice allows each student to complete an individualized training program and receive a unique competency map as a result. Models for building educational trajectories within the modules make it possible to maximally systematize and logically connect the elements of the modules and the technologies for their implementation through the practical application of the acquired skills in everyday and professional activities, as well as through the acquisition of experience in social, project and research work. The choice of these modules is carried out by students every semester in the information environment. After that, study groups are formed from among the students who signed up for a particular module. The ranking of the most popular elective modules among students in the 2019-2020 academic year is as follows: psychology of interpersonal relationships, psychology of emotions, psychology of family and family education, self-development and personal growth, psychology of conflict, life hacks for the future professional, psychological technologies for discovering and developing oneself, emotional well-being and personal achievements, history of cinema, psychology of extreme situations, japanese is easy for everyone.

The University is constantly improving models and methods for choosing elective modules. In order to form in the information environment a personalized set of recommendations from elective modules for building individual educational trajectories of students, a solution was developed and tested based on data mining (artificial intelligence). Recently, intellectual analysis of educational data (Educational Data Mining, EDM) has been increasingly used in the information environment of the university and is being introduced as new services to improve the educational process [3]. One such example is the development of a recommender system at the University of California at Berkeley, which aims to help students make decisions about choosing elective courses [4]. Neural networks, in particular RNNs, are used as the main methods for generating recommendations.

In, a hybrid multicriteria recommender system with genetic optimization is used to help students with the choice of elective courses. It uses two multi-criteria systems: the first is based on a collaborative filtering model, and the second is based on content filtering. As input parameters with information about the student, the student's grades for previous courses, the level of satisfaction and the chosen direction of education are used. The following parameters are used to describe training courses: information about teachers, competencies obtained from the training course, area of knowledge of the training course, description of the course in the form of keywords

[6]. Machine learning algorithms are used as the main ones for generating recommendations [7]. In particular, in [8] a comparative analysis is performed for popular algorithms kNN (k-nearest neighbors), singular value decomposition (P-SVD), sparse linear method (SLIM). Approbation of these methods was carried out on the basis of a Chinese university, where among the three listed methods, kNN and SLIM showed the best values.

In connection with the transition of the education system to a competency-based approach actual is the problem of evaluating learning outcomes, as well as building an individual trajectory of student learning, the solution of which requires the use of modern information technologies. In accordance with the federal state standards of higher professional education (FGOS VPO) of the third generation, which determine the requirements for the results of mastering basic educational programs, up to 50% of disciplines have a variable character, those. depends on the choice of the student. It's significant is reflected in the results of the formation of various competencies.

The article discusses models, methods and algorithms for finding the optimal individual educational trajectory student

References

- [1] Data mining in customer relationship management / F.M. Alimova / TATU xabarlari 2(29)/2014, Toshkent, 8-11 p..
- [2] Control of knowledge in the test. / F.M. Alimova, U.Giyosov, A.Abdullayev // “XXI аср ва технология соҳасидаги устувор йўналишлар”, VII Халқаро илмий конференцияси бўйича мақолалар тўплами, том 2, Тошкент, 2014 г. 473-477 с.
- [3] Каримова В.А, Алимова Ф.М. / Оценивание знаний студентов при преподавании специальных дисциплин на опыте университета ИНХА (Южная Корея). Труды Северо-кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. Часть 2./ Подготовлены по результатам международной молодежной научно-практической конференции СКФ МТУСИ «ИНФОКОМ-2015», Ростов-на-Дону, 20-25 апреля 2015 года, стр. 90-92
- [4] Хусу, А.П. Шероховатость поверхностей (теоретико-вероятностный подход) / А.П. Хусу, Ю.Р. Виттенберг, В.А. Пальмов. – М.: Наука, 1975. – С. 344.
- [5] Линник, Ю.В. Математически-статистическое описание профиля поверхности при шлифовании / Ю.В. Линник, А.П. Хусу // Инженер. Сборник АН СССР. – М. Академиздат, 1954. – С. 432.
- [6] Найак, П.Р. Применение модели случайного поля для исследования случайных поверхностей / П.Р. Найак // Проблемы трения и смазки. – 1971. – №3. – С. 85-89.
- [7] Харин Ю. С. Теория вероятностей, математическая и прикладная статистика: учебник / Ю. С. Харин, Н. М. Зуев, Е. Е. Жук. - Минск: БГУ, 2011. – 463 с.
- [8] Julius O. Smith III. Mathematics of Discrete Fourier Transformation (DFT) with audio applications. – W3K Publishing, 2007. - 322 p.

ПРИМЕНЕНИЯ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ТРАЕКТОРИЕЙ СТУДЕНТОВ

Ф.М. АЛИМОВА

Старший преподаватель ТУИТ

Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал Хоразмий.

Аннотация. Успешное и продуктивное развитие цифровой экономики страны является ключевым фактором устойчивого развития, роста производства во всех сферах социально-экономической деятельности, что повышает конкурентоспособность страны, качество жизни граждан, обеспечивает экономический рост и национальный суверенитет. В настоящее время современное профессиональное образование переходит на качественно новый уровень в связи с внедрением компетентностного подхода, целью которого является предоставление обучающимся инструментов как понимания, так и действия, позволяющих воспринимать новые социально-экономические реалии, а также ориентироваться в изменяющихся условиях обучения и работы.

Ключевые слова: образование, методы обучения, интеллектуальный анализ, оценивание, квалификация, компетентность, процесс обучения, инновации.

UDC 004.032.26

STATIC SIGNATURE VERIFICATION BASED ON MACHINE LEARNING



U.Yu. Akhundjanov

phd student at the United Institute of Informatics Problems, National Academy of Sciences of Belarus



V.V. Starovoitov

doctor of engineering sciences, professor, chief researcher UIIP NAS of the Republic of Belarus

United Institute of Informatics Problems of the National Academy of Sciences of Belarus, Republic of Belarus E-mail: umidjan_90 @ mail.ru

U.Yu. Akhundjanov

Graduated from Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Kharazmiy Fergana branch. PhD student at the United Institute of Informatics Problems of the National Academy of Sciences of Belarus. Conducts research on off-line handwritten signature verification.

V. V. Starovoitov

Doctor of Sciences and professor of computer science. He is a Principal research fellow at the United Institute of Informatics Problems, National Academy of Sciences of Belarus (UIIP NAN Belarus). Award: The State Prize of the Republic of Belarus in science. Research interests of professor Starovoitov are processing and analysis of digital images obtained in different parts of the electromagnetic spectrum. He has published over 150 papers.

Abstract. This paper describes the results of handwritten signature recognition. A handwritten signature database of 40 people made on paper and a publicly available Bengali handwritten signature database of 100 people were used for the experiments. A handwritten signature database of 40 people was collected with 10 authentic and 10 fake signatures for each person made by other people. A Bengali handwritten signature database of 100 people was collected 24 authentic and 30 forged signatures for each person. For this experiment, 20 people were randomly selected from the Bengal Handwritten Signature Database. Four options were used to reduce the signatures to sizes: 200×120, 250×150, 300×150, and 400×200 pixels for classification. These images served as input data for the proposed network architecture.

As a result of testing the proposed approach, the average accuracy of correct classification for the first base of handwritten signatures reached 90.04%. For the base of Bengal handwritten signatures 97.50%.

Keywords: Recognition, verification, handwritten signature, classification, FRR, FAR.

Introduction.

Handwritten signatures are an undeniable and unique way of confirming a person's identity. Because of its simplicity and uniqueness, it occupies an important place in the field of behavioral biometrics. Signatures are the most widely used biometric attribute, they are widely used in many banks, business transactions and documents that are approved with signatures and therefore secure authentication becomes an imperative.

Biometrics by the type of biometric parameters used are divided into two types into physiological and behavioral, where physiological features include facial shape, fingerprint, iris, retina, DNA. [1, 2, 7, 8], behavioral biometrics include handwritten signature, gait, voice. [6, 9].

With the development of technology today, there are a large number of financial transactions that need to be verified for authenticity. Today, most institutions actively use traditional signature verification methods. For the most part, traditional methods are manual and require experienced

professionals for this purpose. Manual verification is time consuming and is a completely subjective process which depends greatly on the experience of the specialist verifying the signature in question. Biometrics plays an important role in development of a modern automatic identification and verification method [10].

Handwritten signature identification can be done statically in online mode and dynamically in off-line mode. Static or off-line signature recognition is performed after its image on paper has been digitized. The digital images are then transformed and analyzed [3]. In dynamic or online recognition systems the analysis begins during its creation. Additionally, information about the sequence of x- and y-coordinates of the signature points, information about the pressing force, writing speed etc. is collected. The static mode of signature verification has fewer informative features, which makes its process more complicated [11].

Many different approaches have been proposed to solve this problem. The accuracy of their recognition was tested on publicly available datasets, such as GPDS960, GPDS-4000, MCYT, BHSig260 and CEDAR, etc. All of these datasets contain three groups of signatures, genuine, random and qualified fakes.

The use of neural network technology helps to verify signatures more accurately. This is because neural networks effectively build non-linear dependencies, which describe the data more accurately, they are more robust to noise in the input data, and adapt to changes in the data. Reviews of these works are given in [3-6].

The authors of [12] proposed a method for static signature verification based on a convolutional neural network. They have investigated, that in the process of signature verification the manually created features have no or very little resemblance to the signature. The authors reported that convolutional neural networks produce more relevant features than manually created features. This paper used publicly available GPDS, PUC-PR datasets to evaluate the effectiveness of the method. They stated that their approach achieved the lowest EER (ratio of falsely accepted fakes to total fakes), but there was an imbalance between the false positive rate (FPR) and false negative rate (FNR). The authors later extended their work [11] and analyzed the deeply studied features that were extracted in [12]. They investigated different architectures and reported the lowest EER in the literature on the GPDS dataset.

The authors of [13] in their paper applied a Siamese convolutional network architecture for signature verification. A Siamese network has two identical networks with common weights, the same parameters and configuration, which accept different pairs of images as input. A Siamese network has two identical networks with common weights, identical parameters and configuration that take different pairs of images as input. These two networks are connected using a contrast loss function. According to the loss function, the similarity score between the two images is computed using the Euclidean distance, during back propagation the parameters are updated in the same way in both networks. The network was trained to reduce the distance between the "genuine - genuine" pair and increase the distance between the "genuine - fake" pair. The authors evaluated their method on completely different datasets, e.g., BHSig260, GPDS, CEDAR. But this method requires a large amount of time and high computational power, since two networks are trained simultaneously.

For estimation of efficiency of recognition and verification such indexes are used, as an error of the first kind FRR (ratio of the number of incorrectly rejected authentic signatures to the total number of authentic signatures), an error of the second kind FAR (ratio of the number of incorrectly accepted fakes to the total number of fakes) and measure EER - the level of equal probability of errors, at which FAR and FRR are equal [14].

FAR and FRR are determined by the formulas:

$$FAR = FPR = \frac{FP}{FP + TN}, \quad \text{FPR} = \text{False positive rate};$$

$$FRR = FNR = \frac{FN}{FN + TP}, \quad FNR = \text{False negative rate};$$

FP (*False positive*) - False positive solution, also called 1st kind error. The model predicted a positive result, but in fact it is negative;

TP (*True positive*) - a true positive solution. The model predicted a positive outcome, the prediction matched reality;

FN (*False negative*) - False negative decision, also called 2nd kind error. The model predicted a negative result and in fact it was positive;

TN (*True negative*) - a true negative solution. The model predicted a negative result, the prediction matched reality;

To evaluate the classification of our model, we used a function (Accuracy). The authors of the article [10] believe that the Accuracy function determines the share of correct answers and can be briefly translated as correctness or accuracy. When the number of objects of both classes is equal, this function can be used to estimate the classification results.

$$\text{Accuracy} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}$$

Preparation of data for handwritten signature recognition on images.

Two handwritten signature databases were used as experimental data for training the handwritten signature recognition system, one of which contained 800 handwritten signature images of 40 people. The database contained 10 authentic and 10 fake signatures of each person. Figure 1 shows examples of handwritten signatures for the first database.

This database of handwritten signatures was collected with the help of students at the Fergana branch of the Muhammad al-Khwarizmi Tashkent University. The signature samples were scanned at 800 dpi (dots per inch) and each signature was cut at 850×550 pixels. Figure 2 shows examples of Bengali handwritten signatures for the second base. A Bengali handwritten signature database of 100 people was collected with 24 authentic and 30 fake signatures for each person. For this experiment, 1,080 handwritten signatures of 20 people were randomly selected from the Bengal handwritten signature database.

The images of the handwritten signatures were converted to halftone and then to binary. For this purpose, a method of Otzu was used. This method is used to calculate a threshold t that minimizes the average segmentation error, i.e., the average error from deciding whether image pixels belong to an object or background [15-16].

Applications of a convolutional neural network.

A convolutional neural network is a very broad class of architectures, the main idea of which is to reuse the same parts of the neural network to handle different small local sections of inputs.

To distribute the image classes, directories were created, with two subdirectories created in each directory, according to the names of the classes: genuine and forced.

Experiments were performed with the reduction of captions to 200×120, 250×150, 300×150, and 400×200 pixels.



Figure 1. Examples of handwritten signatures for experiments

Bengali signatures	
Genuine Signatures	Forgery Signatures

Figure 2. Examples of Bengali handwritten signatures for experiments

The architecture of the convolutional neural network.

The deep learning model used to produce the results is described below:

1. Convolution layer, kernel size 3x3, number of feature maps - 32 pieces, ReLU activation function.
2. Sub-sample layer, maximum value selection from 2x2 square.
3. The convolution layer, kernel size 3x3, number of feature cards - 32 pieces, ReLU activation function.
4. Layer of subsample, maximum value selection from 2x2 square.

5. The convolution layer, kernel size 3x3, number of feature cards - 64 pieces, ReLU activation function.

6. Layer of subsample, maximum value selection from 2x2 square.

7. Layer of conversion from two-dimensional to one-dimensional representation.

8. Full-link layer, 64 neurons, ReLU activation function.

9. Dropout layer. This is a thinning method which is used to average the training results.

10. Output layer, 1 neuron, sigmoid activation function.

Layers 1 to 6 are used to select important features in the image, and layers 7 to 10 are used to evaluate the classification result.

Results.

To train, validate and test the model, 800 handwritten signature images were used for the first base in an 8:1:1 proportion, respectively. Half of them were images of genuine signatures and the other half were images of fake signatures. For the second base, 1080 images of Bengali handwritten signatures in the proportion of 21:4:2, respectively. The computational experiment was performed on the <https://colab.research.google.com/> platform.

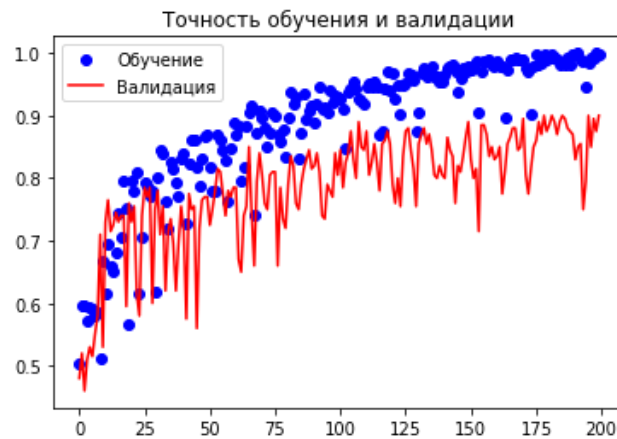


Figure 3. Training and validation graph with 250x150 image resolution for first base

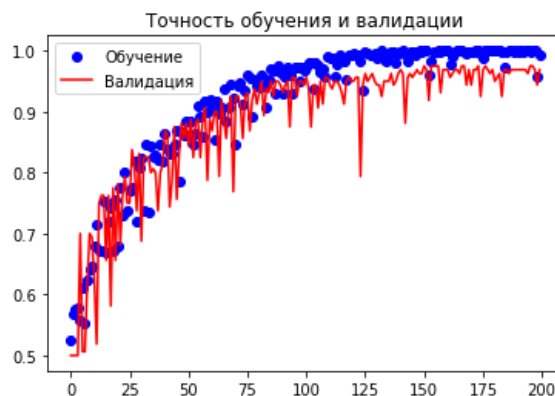


Figure 4. Training and validation graph with image resolution for the Bengali 250x150 base

Table 1. Results of signature recognition

Handwritten Signature Bases	The correctness of recognition with a 200x120 extension	The correctness of recognition with a 250x150 extension	The correctness of recognition with a 300x150 extension	The correctness of recognition with a 400x200 extension
Base 1	88,31	90,04	89,12	88,74
Base 2 (Bengali)	94,48	97,50	96,40	95,65

Table 1 shows the results of the experiments. The trained neural network model showed the best result in both bases at handwritten signature resolution of 250x150 pixels.

In order to create a handwritten signature recognition system, several programs were developed in Python using deep learning models. The work of this software can be divided into several stages: preparation of the dataset, image acquisition with simultaneous preprocessing, training on the collected data through the prepared learning model. The results of this experiment can be found on GitHub.com [17].

Conclusion.

Off-line signature verification is inferior to on-line technology in accuracy. The results of the experiments described in the article have shown that the approach to handwritten signature verification is promising.

The average accuracy of correct classification of signatures was achieved for the first base on images of size 250x150, and is equal to 90.04%, for the second base on images of size 250x150, and is equal to 97.50%. In the future, it is planned to improve the algorithm and increase the recognition accuracy, as well as to form a larger sample size. The main direction of further research will be the allocation of informative features that allow high recognition accuracy.

References

- [1] Старовойтов В.В., Ю. Голуб. Обработка изображений радужной оболочки глаза для систем распознавания. Минск: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. – 188с.
- [2] Chaudhry, S. A. An enhanced lightweight anonymous biometric based authentication scheme for TMIS / S. A. Chaudhry, H. Naqvi, M. K. Khan // Multimedia Tools and Applications - 2017, 22 p. DOI:10.1007/s11042-017-4464-9.
- [3] Hafemann, L.G. Offline handwritten signature verification — Literature review / L.G. Hafemann, R. Sabourin, L.S. Oliveira // Seventh International Conference on Image Processing Theory, Tools and Applications (IPTA) – 2017. 8p. DOI:10.1109/ipta.2017.8310112.
- [4] Hadeel J.Jriash. Offline handwritten signature verification system using neural network / J.Jriash Hadeel, A. Z. Abdullah Nada // International Journal of Computer Science and Mobile Computing. – 2015. Vol.4, Issue.10.– P. 403-412.
- [5] Impedovo S. Verification of Handwritten Signatures: an Overview / S. Impedovo, G. Pirlo // 14th International Conference on Image Analysis and Processing. – 2007. – P.191-196. DOI:10.1109/iciap.2007.4362778.
- [6] Foroozandeh, A. Offline Handwritten Signature Verification and Recognition Based on Deep Transfer Learning / A. Foroozandeh, A.H. Ataollah, H. Rabbani // International Conference on Machine Vision and Image Processing. – 2020, 7p. DOI:10.1109/mvip49855.2020.918748.
- [7] De Marsico, M. Iris recognition through machine learning techniques: A survey / M. De Marsico, A. Petrosino, S. Ricciardi // Pattern Recognition Letters – 2016, 14 p. DOI:org/10.1016/j.patrec.2016.02.001.
- [8] Sharma S. Identity verification using shape and geometry of human hands / S. Sharma, S. R. Dubey, S. K. Singh, R. Saxena, R. K. Singh // Expert Systems with Applications – 2015. –P. 821–832. DOI: 10.1016/j.eswa.2014.08.052.
- [9] Wan C. A Survey on Gait Recognition / C. Wan, L Wang, V. V. Phoha // ACM Computing Surveys. - 2018, 35p. DOI:10.1145/3230633.
- [10] Ferrer, M. A. Robustness of Offline Signature Verification Based on Gray Level Features / M.A. Ferrer, J. F. Vargas, A. Morales, A. Ordonez // IEEE Transactions on Information Forensics and Security – 2012. – Vol.7, Issue.3.– P. 966–977. DOI:10.1109/tifs.2012.2190281.
- [11] Hafemann L.G. Analyzing features learned for offline signature verification using deep cnns / L.G. Hafemann, R. Sabourin, L.S. Oliveira // 23rd international conference on Pattern recognition (ICPR). IEEE – 2016. – P. 2989–2994. DOI:10.1109/icpr.2016.7900092.

[12] Hafemann L. G. Writer-independent feature learning for Offline Signature Verification using Deep Convolutional Neural Networks / L.G. Hafemann, R. Sabourin, L.S. Oliveira // International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN) – 2016. – P. 2576–2994. DOI:10.1109/ijcnn.2016.7727521.

[13] Jagtap, A. B. Siamese Network for Learning Genuine and Forged Offline Signature Verification / A. B. Jagtap, D. D. Sawat, R. S. Hegadi // Recent Trends in Image Processing and Pattern Recognition – 2019. – P. 131–139. DOI:10.1007/978-981-13-9187-3_12.

[14] Starovoitov V. V., Golub Y. I. Comparative study of quality estimation of binary classification. Informatics. – 2020. – Vol. 17, no. 1, P. 87–101 (in Russian).

[15] Исрафилов, Х.С. Исследование методов бинаризации изображений / Х.С. Исрафилов // Вестник науки и образования. – 2017. – Т.2.- № 6(30). – С. 43–50.

[16] Янковский, А.А. Критерии выбора метода бинаризации при обработке изображений лабораторных анализов. АСУ и приборы автоматики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kriterii-vybora-metoda-binarizatsii-pri-obrabotke-izobrazheniy-laboratornyh-analizov/viewer>. – Дата доступа: 25.12.2021.

[17] Akhundjanov U.Yu. My_signature_verification / U.Yu. Akhundjanov // <https://github.com> [Electronic resource]. – 2022. Mode of access: <https://github.com/MrUmidjan90/My-signature-verification/blob/main/Bingali.ipynb>– Date of access: 27 February 2022.

СТАТИЧЕСКАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ ПОДПИСИ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

У.Ю. АХУНДЖАНОВ

Аспирант Объединенного института проблем информатики НАН Беларуси

В.В. СТАРОВОЙТОВ

Главный научный сотрудник ОИПИ НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор

Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси, Республика Беларусь. E-mail: umidjan_90@mail.ru

У.Ю. Ахунджанов

Окончил Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразми Ферганского филиала. Аспирант Объединенного института проблем информатики НАН Беларуси. Проводит научные исследования о верификации рукописной подписи в режиме off-line.

В. В. Старовойтов

Главный научный сотрудник ОИПИ НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор, лауреат Государственной Премии Республики Беларусь (2003г.). Сфера научных интересов: обработка и анализ цифровых изображений, полученных в разных участках электромагнитного спектра. Опубликовал более 150 научных работ.

Аннотация. В данной работе описываются результаты распознавания рукописных подписей. Для экспериментов использовалась база рукописных подписей из 40 человек, выполненных на бумажном носителе, а также общедоступная база Бенгальских рукописных подписей из 100 человек. База рукописных подписей из 40 человек было собрано 10 подлинных и 10 поддельных подписей для каждого человека, выполненных другими людьми. База Бенгальских рукописных подписей из 100 человек было собрано 24 подлинных и 30 поддельных подписей для каждого человека. Для данного эксперимента из Бенгальской базы рукописных подписей было случайно выбрано 20 человек. Для классификации использовались четыре варианта уменьшения подписей до размеров: 200×120, 250×150, 300×150 и 400×200 пикселей. Эти изображения служили исходными данными для предложенной архитектуры сети.

В результате тестирования предлагаемого подхода достигнута средняя точность корректной классификации для первой базы рукописных подписей 90,04%. Для базы Бенгальских рукописных подписей 97,50%.

Ключевые слова: Распознавание, верификация, рукописная подпись, классификация, FRR, FAR.

УДК 519.257

BIG DATA TECHNOLOGIES IMPLEMENTATION IN E-PAYMENT SYSTEMS



M. Y. Abdul-Azalova

*senior lecturer of the Information technologies Department of the TUIT,
Postgraduate student of the TUIT*

*Information technologies Department of the TUIT, Republic of Uzbekistan
Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi, Republic of
Uzbekistan
E-mail: bonu444@mail.ru*

M. Y. Abdul-Azalova

She graduated from the Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi. Senior lecturer of the Department of "Information technologies" of TUIT. Postgraduate student of the TUIT. Conducts research on algorithms and adaptive models of an extensive multiparametric e-business management system.

Abstract. Big data is a collection of vast amounts of useful information that cannot be read with standard computational structures. Big data is more than just data; it has become an entire field of tools, contexts, and structures. They use complex data sets for direction, course selection, and direct management within organizations. This article discusses the process of application of electronic payment systems using Big Data technologies, identifies the main stages of implementation of Big Data technologies in these systems, analyzes the experience of implementation and prospects of Big Data technologies.

Keywords: Big Data, e-commerce, e-business, digital economy, Blockchain, cryptocurrency, financial safety, electronic payment.

Introduction.

One of the directions of development of financial technologies may be the introduction of the Big Data concept for the country's financial sector. The transition to this concept implies the development of data processing centers with the receipt and analysis of information obtained not from the documents provided directly by individuals and legal entities, but through electronic payments. At the same time the government will have access to reliable information, which will allow for making more accurate and informed strategic decisions, reducing the level of corruption, while increasing the transparency of information about the companies. Implementation of Big Data systems in the public e-payment systems will significantly speed up the process of obtaining statistical information. Now reports of the Central Bank on some indicators, which can be collected just technically, are released with a delay of several months to several quarters, with the improvement of information tools, private companies that use official statistics will have more flexibility tools in the decision-making process. The formation of a single information space on financial indicators will create a unified environment between the state, business and the population [1].

An important aspect of implementing Big Data in the public e-payment systems is ensuring data security and developing the right clustering and hierarchy of data access. With e-commerce payment processing solutions, there's a set order process you can follow to keep a steady cash

flow alongside a trustworthy sales procedure. This is below so you understand each step in the compliance procedures:

PO Creation: Purchase orders are approved or prepared.

Purchase Order Approval: After a PO is made, it's sent to sign-off.

PO Dispatch: When the PO is approved, they're sent to a selected vendor.

Binding Contract: There's a contract created when the vendor takes on the PO.

Goods Delivery: The vendor delivers the goods.

PO Closure: An invoice is forwarded to close the transaction.

There are many advantages of e-commerce payment systems.

These include: reducing your business' paperwork load; reducing the costs of transactions; reducing the labor costs; lower transaction costs; high security standards from a payment gateway provider; it's user friendly for employees and customers; it's less time-consuming than a manual payment system; it helps your business to scale-up and expand your market reach.

There are also downsides to consider. As they're familiar with credit cards and paper checks, it may be a slight shock to the system to have to adapt following decades spent using cards. But you can get around this to provide support to customers unsure about using your new system. You can: provide guides to assist those new to the technology; offer customer support guidance to talk them through any issues; highlight the convenience and security benefits of your new system; ultimately, there's always going to be an overlap of customers adapting/struggling with your new approach to payments [2].

As long as you offer the support they need, you can increase churn rates and improve customer acceptance of the new methods. Choosing an e-Commerce Payment Processor Choosing a secure platform that's right for your business and customers is one of the big keys to your success. This process can vary, depending on your business and the type of processes you want to follow, but it's a standard example of what happens during a transaction—from start to finish.

The delineation of rights of access to financial information requires a clear definition of boundaries. Here it is important to define at the legislative level the completeness of information disclosure by the state. In general, the state can and should receive full information about financial transactions of individuals and legal entities, as a minimum to get a quick, accurate and objective situation in the country. This will allow to make optimal decisions and react flexibly to changing external and internal conditions of the financial market. But in this case there is a question about the protection of human rights and freedoms and the inability to use data for personal purposes [3].

It is also important for private companies to have access to broad financial information in order to do business properly and compete with foreign companies. However, the level of access to information may already be reduced because private companies do not have significant obligations to the public. There is also the question of creating developmental competition and the absence of monopoly. The development of Big Data systems now forces large companies to allocate substantial funding for the modernization of their information systems and the introduction of new software products. At the same time, the creation of state repositories of big data entails the further improvement of methods of analysis and processing of information, as the data collected and the information obtained from them are completely different concepts. In the issue of countering monopoly it is important to establish that companies with state participation will not be able to get access to more information than other companies, as this would give them significant advantages and the possibility of using insider information for profit.

Materials and methods.

Experts believe that the changes in modern industry (some of which are already taking place) that 'digital manufacturing' implies will take place in the following key areas:

- Digital modelling - the concept of a digital twin, i.e. manufacturing a product in a virtual model that includes equipment, production process and plant personnel, is developing.

- "Big Data" (Big Data) and business intelligence that emerges from the manufacturing process.

- Autonomous robots, which will gain greater industrial functionality, independence, flexibility and execution ability than the previous generation.

- Horizontal and vertical systems integration - most of the huge number of information systems currently in use are integrated, but there needs to be greater collaboration at different levels within the enterprise as well as between different businesses.

- The Industrial Internet of Things, where information from a large number of sensors and equipment coming from production is networked together.

One of the hallmarks of 'digital manufacturing' is the presence of an intelligent control system, i.e. the ability to tightly integrate existing process equipment and obtain a wide range of process information from anywhere in the production ecosystem [4].

Today, data is one of the most important components of society and every person's life. The modern stage of society is characterised by a constant increase in the volume of data. Data comes from many different sources, such as data from GPS navigators, satellites, Internet queries, social networks, and data from the IoT (Internet of Things). The structure and composition of this data is often not defined. Big Data (Big Data) has the following properties: huge size, heterogeneity and disorderliness, require fast processing. Big Data technologies are a set of tools, approaches and methods for processing both structured and unstructured data of huge size for further use.

The main Big Data technologies and tools include:

- Hadoop & MapReduce;

- NoSQL databases;

- advanced analytics (statistics, predictive analytics and Data Mining, linguistic text processing);

- Data Discovery class tools.

Practical implementation of Big Data technologies are modern neural networks and derivative systems based on them, such as pattern recognition systems, simulation modelling, machine learning and predictive analytics. Big Data technologies are widespread in the banking, telecommunications, industry, healthcare, energy, insurance and trade sectors. Large industry has been collecting huge amounts of data for many years to improve product quality and production efficiency [2]. The main materials for research on the subject area are: a sample of scientific and professional works of domestic authors in the field of Big Data technologies, processing of huge amounts of data, Internet resources on the subject under study. The research methods are comparative and system analysis, logical approach.

Results.

Blockchain is a new, but so far costly, national technology that can be used to securely store and process data. Blockchain is a distributed database whose storage devices are not connected to a common server. Thus, this database will store an ever-growing volume of information in the form of ordered block records. At the same time, each block will refer to the previous block, which may be stored in a completely different place. Thus, the distribution of access keys, according to the developed hierarchy, will allow to delimit the level of access to information by the state, private companies and individuals. At the same time, the use of the production capacities of companies and individuals will reduce the economic costs of implementing the new system (Figure 1.). It is important to establish the degree of control over the system and the technology, as only government regulation can lead to excessive bureaucracy on the one hand and lagging behind foreign partners and corporations on the other [5].

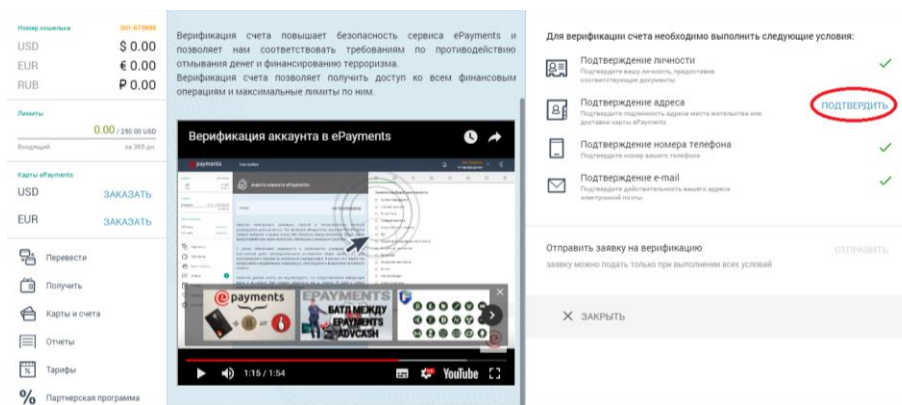


Figure 1. Blockchain based based e-payment systems

Blockchain technology is now being used to create cryptocurrencies (Figure 2), which are already having a huge impact on financial markets, leading to the simplification of transactions and the elimination of many "unnecessary" transactions. This is due to the fact that by using blockchain technology and cryptocurrencies as a monetary unit, payment can now not be tied to a specific bank account, when one way or another there is a physical movement of funds. The cryptocurrency market is now established, and the main issue now is its official recognition at the national and international level. Today, there is significant volatility in cryptocurrencies, and therefore it is dangerous for the Central Bank to conduct operations with them [6].

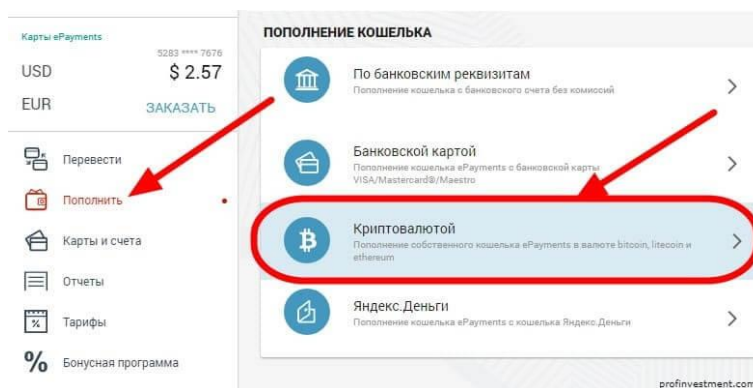


Figure 2. Cryptocurrencies based e-payment systems

The application of blockchain technology not only to create cryptocurrencies, but also to form a new large-scale Big Data base is advisable as a consequence of counteracting international interference and unscrupulous partners obtaining financial information about domestic companies and government services. At the moment, blockchain technology is as secure as possible, as the data is not stored on a single server, information from which can be illegally obtained by third parties. In addition, the formation of a new financial information system Big Data will contribute to the further informatization of the population, and the penetration of Internet technology among the population [7].

Conclusion. Thus, the development of e-payment systems is not possible without the development of financial information technology, taking into account the harmonization of the interests of all stakeholders and the consolidation of labor, organizational and financial resources of business and government.

Big Data technologies are now quite a workable set of technologies used in almost all areas of human activity and have great potential for further development.

Unfortunately, according to experts, Uzbekistan is still about 3-5 years behind the leading countries of the world in the use of Big Data technologies. The reasons for this lag are the low level of automation, the scattered nature of the data being collected, and the insufficient number of real projects. Technologies used in the West cannot always be adapted to the Uzbek reality. In addition, there is an obvious shortage of Big Data specialists.

The introduction of Big Data technology requires not only technical support, but also organisational support. The first involves organizing data extraction, data storage, unified workstations for analysis, digital modeling, optimization and forecasting. The second direction will require the formation of appropriate qualifications in the Big Data business. Professionals with the new qualifications of "data engineers", "data scientist" for modelling, optimisation and forecasting are needed. In addition, training of Big Data technologists, planners and managers from business will be required.

Nevertheless, the potential of the Uzbek big data market is enormous and in the coming years its rate of development will be many times higher than that of the global market.

References

- [1]. H. Liu and X. Wang, Shanghai, 2018, "Study on the application of big data in accurate marketing of cross-border e-commerce in China," 2018 IEEE 3rd International Conference on Big Data Analysis (ICBDA), pp. 24-27.
- [2]. X. Zhao, "A Study on the Applications of Big Data in Cross-Border E-Commerce," 2018 IEEE 15th International Conference on e-Business Engineering (ICEBE), Xi'an, 2018, pp. 280-284.
- [3]. E. Makki and L. Chang, "Leveraging social big data for performance evaluation of E-commerce websites," 2016 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), Washington, DC, 2016, pp. 2525-2534.
- [4]. Shahriar Akter & Samuel Fosso Wamba, 2016, "Big data analytics in E-commerce: a systematic review and agenda for future research", IIM University of St. Gallen.
- [5]. S. Suguna, M. Vithya and J. I. C. Eunaicy, "Big data analysis in e-commerce system using HadoopMapReduce," 2016 International Conference on Inventive Computation Technologies (ICICT), Coimbatore, 2016, pp. 1-6
- [6]. S. Pradeep and J. S. Kallimani, "A survey on various challenges and aspects in handling big data," 2017 International Conference on Electrical, Electronics, Communication, Computer, and Optimization Techniques (ICEECCOT), Mysuru, 2017, pp. 1-5.
- [7]. H. Xu, K. Li and G. Fan, "Novel Model of E-Commerce Marketing Based on Big Data Analysis and Processing," 2017 International Conference on Computer Network, Electronic and Automation (ICCNESA), Xi'an, 2017, pp. 80-84.

ОПТИМИЗАЦИЯ БИЗНЕС ПРОЦЕССОВ ПОСРЕДСТВОМ BIG DATA

М. Я. АБДУЛ-АЗАЛОВА

Старший преподаватель кафедры

«Информационные технологии»

ТУИТ, соискатель ТУИТ

*Факультет «Компьютерный инжиниринг» ТУИТ, Республика Узбекистан Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хорезми, Республика Узбекистан
E-mail: bonu444@mail.ru*

Аннотация. Большие данные - это совокупность огромной полезной информации, которая не может быть прочитана с помощью стандартных вычислительных структур. Большие данные - это не просто данные, они уже стали целой областью, включающей в себя набор инструментов, контекстов и структур. Они используют сложные наборы данных для выбора направления, курса и непосредственного управления внутри организаций. В данной статье рассматривается процесс применения электронных платежных систем с использованием технологий Big Data, определяются основные этапы внедрения технологий Big Data в данных системах, анализируется опыт внедрения и перспективы технологий Big Data.

Ключевые слова: Big Data, электронная коммерция, электронный бизнес, цифровая экономика, Blockchain, криптовалюта, финансовая безопасность, электронные платежи.

UDC [611.018.51+615.47]:612.086.2

INFERENCE OF SHORTEST PATH ALGORITHMS WITH SPATIAL AND TEMPORAL LOCALITY FOR BIG DATA PROCESSING



A.A. Prihozhy

Professor at the Computer and System Software Department,
Doctor of Technical Sciences,
Full Professor
Belarusian National Technical University



O.N. Karasik

Tech Lead at ISsoft Solutions (part of Coherent Solutions) in Minsk, Belarus,
PhD in Technical Science

Belarusian National Technical University, Belarus
ISsoft Solutions (part of Coherent Solutions), Belarus
E-mail: prihozhy@yahoo.com, karasik.oleg.nikolaevich@gmail.com

A.A. Prihozhy

Full professor at the Computer and system software department of Belarusian national technical university, doctor of science (1999) and full professor (2001). His research interests include programming and hardware description languages, parallelizing compilers, and computer aided design techniques and tools for software and hardware at logic, high and system levels, and for incompletely specified logical systems. He has over 300 publications in Eastern and Western Europe, USA and Canada. Such worldwide publishers as IEEE, Springer, Kluwer Academic Publishers, World Scientific and others have published his works.

O.N. Karasik

Tech Lead at ISsoft Solutions (part of Coherent Solutions) in Minsk, Belarus; PhD in Technical Science (2019). Interested in parallel computing on multi-core and multi-processor systems.

Abstract. The all-pair shortest paths problem on large-size graphs has many crucial application domains in science, engineering and economics. Such computer architectures as multi-core systems explore hierarchical memory consisting of local and shared levels, which differ on memory capacity and data transfer time delays. The cores read and write data through the fast local caches, therefore running algorithms which support locality in big data processing are most efficient. The paper develops an inference technique at the aim of creating all-pair shortest paths algorithms that improve the spatial and temporal reference locality and reduce the cache pressure. It proposes and transforms a graph-extension-based shortest paths search algorithm that obtains the reference locality properties and recalculates the lengths of shortest paths at each step of adding a vertex to the graph. Every step of algorithm transformation introduces additional temporal or spatial locality. Computational experiments carried out on two types of multi-core processor and on graphs of thousands of vertices have shown about 40% speedup of the proposed algorithm against the classic Floyd-Warshall one. The proposed algorithm has also shown a gain of 25 – 35% over the blocked Floyd-Warshall algorithm, which has the property of spatial data locality.

Keywords: multi-core processor; hierarchical memory; cache; shortest paths algorithm; big data; spatial locality; temporal locality; algorithm transformation; inferring technique.

Problem formulation

Modern multi-core processors have hierarchical memory architecture shown in Figure 1. Every core has local caches L1 and L2, and all cores have a shared cache L3, which communicates to main memory. Data may transfer in both directions from core to main memory and vice versa.

Additionally, the cores may transfer data to each other through the shared cache. The memory capacity increases from L1 to L2, from L2 to L3, and from L3 to main memory. The data transfer latency increases in the same direction. Larger memory capacities cause higher latency. The data transfer time in hierarchical memory contributes significantly to the overall execution time of program.

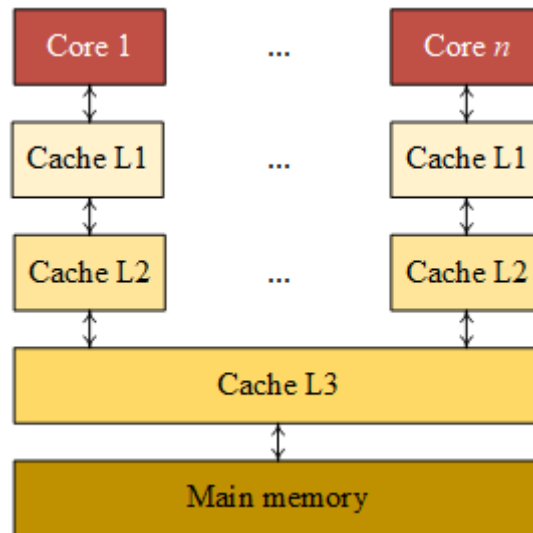


Figure 1. Hierarchical memory of multi-core processor

Locality is a predictable behavior occurring in computer systems. Locality of reference [1-3] is one of the key principles of constructing computer architectures and developing high-performance software. It means the access of processor to the same set of memory locations repetitively over a short period of time. The reference locality can be of two basic types: temporal and spatial. Temporal locality refers to the reuse of specific data within a relatively small-time duration. Spatial locality (also known as data locality) refers to the use of data elements within relatively close storage locations. Spatial locality has a special case termed sequential locality, which occurs when data elements are arranged and accessed linearly. Traversing elements of a one- or many-dimensional array allocated in row-major memory layout is an example of sequential locality. Such techniques as caching, prefetching and branch predicting increase locality of reference.

A working set of information $W(t, \tau)$ of a process at time t is the collection of data referenced by the process during the time interval $(t - \tau, t)$. The working set window dynamically measures the size of working set and estimates reference locality. If the size matches the cache size, the data transfer between the cache and the lower-level memory is not high. The data traffic increases when the active data accede the size of cache. If the working set size is larger than the cache size, intensive data transfer between the memory levels occurs.

The problem of finding shortest and longest paths in a weighted directed cyclic graph [4 – 7] has many important practical applications: reducing city traffic, optimizing network infrastructure in data centers, planning tasks, implementing augmented reality, network analysis, microelectronics, programming, computer networks, computer games etc. Many algorithms developed and published in the literature [8-22] solves the problem. Floyd–Warshall’s Algorithm 1 (FW) is a basic one among them. Its computational complexity is $O(n^3)$ where n is the number of graph vertices. Although other algorithms have been developed of lower complexity, the Floyd–Warshall algorithm has several advantages: it is applicable to a graph containing positive and negative weights of edges; its space complexity is $O(n^2)$ due to the use of a single displacement array; it has a compact and simple description as a nest of three loops.

FW. Therefore, every iteration updates each element of the matrix as many as S times, performing update locally by using one to three blocks simultaneously. Algorithm 3, *BCA* implements the *FW* algorithm, recalculates block B^1 and consumes two additional blocks B^2 and B^3 . It is possible to choose the block size in such a way as the processed blocks can be deployed in fast caches simultaneously, which reduces the data traffic between memory levels.

Graph-extension-based shortest paths algorithm

The *FW* algorithm assumes that a graph $G = (V, E)$ is constructed of vertex set V of cardinality N and is represented by matrix W of weights. In our graph-extension-based algorithm, we consider a sequence $G(1) \dots G(k) \dots G(N)$ of graphs constructed of 1 to N vertices. We associate the construction process with stepwise adding vertices to graph G . Matrix $D(k)$ describes distances between pairs of vertices in graph $G(k)$. We represent our algorithm as a recurrent procedure (Figure 3) that calculates matrix $D(k)$ from matrix $D(k-1)$ and weights w_{ik} and w_{kj} of the edges connecting the added vertex k to vertices $i, j \in \{1, \dots, k-1\}$. The procedure first adds row k and column k (operation A_k) to $D(k-1)$ obtaining $D(k)$ and then updates (operation U_k) all elements of $D(k-1)$.

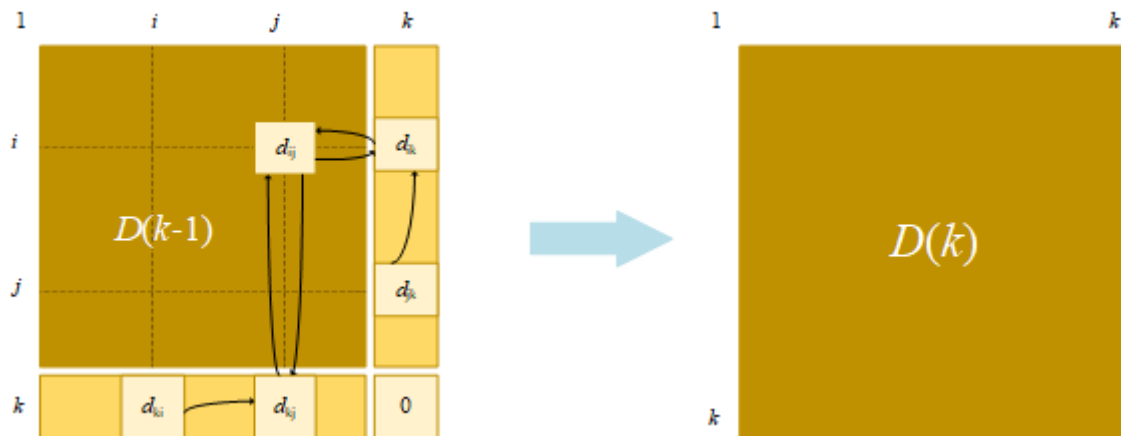


Figure 3. Recurrent procedure of computing distance matrix $D(k)$ from $D(k-1)$

Equation (1) allows calculating elements $d_{ik}(k)$ of column k .

$$d_{ik}(k) = \min_{j=1..k-1} (d_{ij}(k-1) + w_{jk}) \quad (1)$$

Equation (2) allows calculating elements $d_{kj}(k)$ of row k .

$$d_{kj}(k) = \min_{i=1..k-1} (w_{ki} + d_{ij}(k-1)) \quad (2)$$

Note that element $d_{ij}(k-1)$ is common for (1) and (2). Then the procedure carries out operation U of updating elements of matrix $D(k-1)$ to elements of matrix $D(k)$ using (3):

$$d_{ij}(k) = \min \{d_{ij}(k-1), d_{ik}(k) + d_{kj}(k)\} \quad (3)$$

where $i, j \in \{1, \dots, k-1\}$. We describe the calculations represented by (1), (2) and (3) with a graph-extension-based shortest paths Algorithm 4.

Algorithm 4: Graph-extension-based shortest paths algorithm (*GEA*)

Input: A matrix W of graph edge weights
Input: A size N of matrix
Output: A matrix D of shortest path distances
 $D \leftarrow W$
for $k \leftarrow 2$ **to** N **do**
 for $i \leftarrow 1$ **to** $k - 1$ **do** // Add A_k
 for $j \leftarrow 1$ **to** $k - 1$ **do**
 $s_0 \leftarrow d_{i,j} + d_{j,k}$ **if** $d_{i,k} > s_0$ **then** $d_{i,k} \leftarrow s_0$
 $s_1 \leftarrow d_{k,i} + d_{i,j}$ **if** $d_{k,j} > s_1$ **then** $d_{k,j} \leftarrow s_1$
 for $i \leftarrow 1$ **to** $k - 1$ **do** // Update U_k
 for $j \leftarrow 1$ **to** $k - 1$ **do**
 $s_2 \leftarrow d_{i,k} + d_{k,j}$ **if** $d_{i,j} > s_2$ **then** $d_{i,j} \leftarrow s_2$
return D

Algorithm 4, *GEA* obtains new properties compared to *FW*. The iteration scheme of two loops along i and j has changed. The loops perform k iterations instead of N ones in *FW*. They process submatrices of size $[1 \times 1]$, $[2 \times 2]$, ..., $[N \times N]$ in N iterations along k . We can observe that in contrast to *FW*, which processes full matrix $D[N \times N]$ in each iteration, *GEA* has the property of temporal locality. In *GEA*, the number of body iterations of the most nested loops and the overall amount of processed data are three times less than those in *FW*.

Resynchronization of computations in the algorithm

The recurrent procedure is iteratively executed over all vertices of graph $G(k)$ producing a sequence of pairs of the operations: $A_1U_1 - A_2U_2 - \dots - A_NU_N$. It is easy to see that the add and update operations of pair A_kU_k are incompatible in sense of merging two nests of loops along i and j . Instead, the operations of pair U_kA_{k+1} are compatible, therefore, it is preferable to use the resynchronized sequence $U_1A_2 - U_2A_3 - \dots - U_{N-1}A_N - U_N$ considering that A_1 is replaced by a zero initialization of matrix $D(1)$. In the $U_{k-1}A_k$ pair, operation U_{k-1} is a delayed update of matrix $D(k-1)$, which is carried out simultaneously with the addition A_k of row k and column k .

Algorithm 5 represents *GEA* after resynchronization of the add and update operations. The pseudocode consists of two nests of loops. The first nest has the depth of three loops, and the second nest has the depth of two loops. The first nest consists of a loop along k of N iterations whose body includes two sequential nests each of two loops along i and j . In the first nest, which performs operation U_{k-1} by using one addition $+$, one comparison $>$ and two assignments, the loops along i and j have $k-1$ iterations each, and in the second nest, which performs operation A_k by using two additions $+$, two comparisons $>$ and four assignments, the loops have k iterations each. Algorithm 5 finalizes computation of matrix D by performing the update operation U_N , which is realized by the nest of two loops along i and j having $N-1$ iterations each. A drawback of the algorithm is the use of two nests of loops to perform operations U_{k-1} and A_k sequentially.

Algorithm 5: GEA after resynchronization of computations

Input: A matrix W of graph edge weights
Input: A size N of matrix
Output: A matrix D of shortest path distances

```

 $D \leftarrow W$ 
for  $k \leftarrow 2$  to  $N$  do
     $k1 \leftarrow k - 1$ 
    for  $i \leftarrow 1$  to  $k1 - 1$  do // Update  $U_{k-1}$ 
        for  $j \leftarrow 1$  to  $k1 - 1$  do
             $s_2 \leftarrow d_{i,k1} + d_{k1,j}$  if  $d_{i,j} > s_2$  then  $d_{i,j} \leftarrow s_2$ 
    for  $i \leftarrow 1$  to  $k1$  do // Add  $A_k$ 
        for  $j \leftarrow 1$  to  $k1$  do
             $s_0 \leftarrow d_{i,j} + d_{j,k}$  if  $d_{i,k} > s_0$  then  $d_{i,k} \leftarrow s_0$ 
             $s_1 \leftarrow d_{k,i} + d_{i,j}$  if  $d_{k,j} > s_1$  then  $d_{k,j} \leftarrow s_1$ 
     $k1 \leftarrow N$ 
    for  $i \leftarrow 1$  to  $k1 - 1$  do // Update  $U_N$ 
        for  $j \leftarrow 1$  to  $k1 - 1$  do
             $s_2 \leftarrow d_{i,k1} + d_{k1,j}$  if  $d_{i,j} > s_2$  then  $d_{i,j} \leftarrow s_2$ 
    return  $D$ 

```

Merging loops in the algorithm

In Algorithm 5, two nests of loops along i and j are different for operations U_{k-1} and A_k upon the right bound of iteration scheme. For the first nest, the bound is $k1 - 1$, and for the second nest it is $k1$. Nevertheless, the transformed Algorithm 6 has merged the nests using the right bound of $k1$ in such a way as to keep the correctness of calculations. Algorithm 6 differs to Algorithm 5 by additional iterations of two loops and by additional execution of two statements

$$s_2 \leftarrow d_{i,k1} + d_{k1,j}; \text{if } d_{i,j} > s_2 \text{ then } d_{i,j} \leftarrow s_2;$$

which implement operation U_{k-1} . We describe the additional iterations with two cases.

Case 1: $i = k1$ and $j = 1, \dots, k1$. The two statements are reduced to

$$s_2 \leftarrow d_{k1,k1} + d_{k1,j}; \text{if } d_{k1,j} > s_2 \text{ then } d_{k1,j} \leftarrow s_2;$$

Since equality $d_{k1,k1} = 0$ holds and $s_2 = d_{k1,j}$, the value of $d_{i,j} = d_{k1,j}$ keeps unchanged.

Case 2: $j = k1$ and $i = 1, \dots, k1$. The two statements are reduced to

$$s_2 \leftarrow d_{i,k1} + d_{k1,k1}; \text{if } d_{i,k1} > s_2 \text{ then } d_{i,k1} \leftarrow s_2;$$

Since equality $d_{k1,k1} = 0$ holds and $s_2 = d_{i,k1}$, the value of $d_{i,j} = d_{i,k1}$ also keeps unchanged.

Our conclusion is the additional loop iterations in Algorithm 6 does not affect the D matrix state. Therefore, Algorithms 5 and 6 are functionally equivalent.

The advantages of Algorithm 6 are as follows. First, it eliminates two nested loops and reduces CPU time on implementing the iteration schemes. Second, it increases temporal reference locality due to three references to the same variable $d_{i,j}$ in three subsequent statements which calculate and consume values of variables s_2 , s_0 and s_1 .

Figure 4 illustrates the operation of Algorithm 6, which is different to the operation of Algorithm 4. Algorithm 4 references the row and column indexed by k . Algorithm 6 simultaneously references two rows and two columns indexed by $k-1$ and k . Algorithm 4

calculates the row k and column k upon elements of matrix $D(k-1)$ and then updates elements of $D(k-1)$ upon row k and column k to obtain matrix $D(k)$. Algorithm 6 updates elements of matrix $D^*(k-2)$ upon row $k-1$ and column $k-1$ and calculates the row k and column k of matrix $D^*(k)$ upon elements of matrix $D^*(k-1)$ for which $D^*(k-2)$ is a part. Matrix $D(k)$ produced by operations U_k and A_k in Algorithm 4 differs from matrix $D^*(k)$ produced by operations $U_k A_{k+1}$ in Algorithm 6.

Improving spatial reference locality in cache

In Algorithm 6, the nest of three loops along k , i and j carries out operations U_{k-1} and A_k upon matrix D . The algorithm calculates variables s_2 , s_0 and s_1 , and matrix elements $d_{i,j}$, $d_{i,k}$ and $d_{k,j}$ upon elements $d_{i,k-1}$, $d_{k-1,j}$, $d_{i,j}$, $d_{j,k}$ and $d_{k,i}$. To do this, it traverses columns $k-1$ and k , and rows $k-1$, k and i multiple times. The rows provide sequential locality and low data transfer in the hierarchical memory. The column elements deployed to different lines and referred many times in nested loops increase the data traffic in hierarchical memory. To avoid the increase, our solution is to preliminary collect the elements in a one-dimensional array, which provide sequential reference locality, and then to access the elements many times.

Algorithm 7 inferred from Algorithm 6 implements our solution. It explores three additional one-dimensional arrays for collecting elements of two columns of matrix D : array c_1 corresponds to updated column $k-1$, array w corresponds to initial column k , and array c corresponds to column k that is to be updated. Moreover, it uses references to three rows of matrix D : r_1 refers to row $k-1$; r refers to row k ; r_i refers to row i . Function $getRow(D, k)$ returns the address of row k of matrix D . To further speed up the computations, we have implemented Algorithm 7 by means of pointers of the C programming language.

Algorithm 6: GEA after merging loops

Input: A matrix W of graph edge weights
Input: A size N of matrix
Output: A matrix D of shortest path distances
 $D \leftarrow W$
for $k \leftarrow 2$ **to** N **do**
 $k_1 \leftarrow k - 1$
 for $i \leftarrow 1$ **to** k_1 **do**
 for $j \leftarrow 1$ **to** k_1 **do**
 $s_2 \leftarrow d_{i,k_1} + d_{k_1,j}$ **if** $d_{i,j} > s_2$ **then** $d_{i,j} \leftarrow s_2$ // Update U_{k-1}
 $s_0 \leftarrow d_{i,j} + d_{j,k}$ **if** $d_{i,k} > s_0$ **then** $d_{i,k} \leftarrow s_0$ // Add A_k
 $s_1 \leftarrow d_{k,i} + d_{i,j}$ **if** $d_{k,j} > s_1$ **then** $d_{k,j} \leftarrow s_1$ // Add A_k
 $k_1 \leftarrow N$
 for $i \leftarrow 1$ **to** $k_1 - 1$ **do**
 for $j \leftarrow 1$ **to** $k_1 - 1$ **do**
 $s_2 \leftarrow d_{i,k_1} + d_{k_1,j}$ **if** $d_{i,j} > s_2$ **then** $d_{i,j} \leftarrow s_2$ // Update U_N
 return D

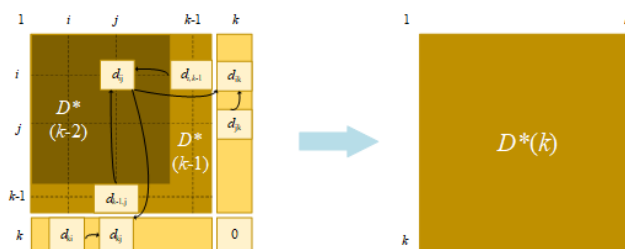


Figure 4. Resynchronized recurrent procedure of computing $D(k)$ from $D(k-1)$

Algorithm 7: *GEA* after improving spatial locality

Input: A matrix W of graph edge weights
Input: A size N of matrix
Output: A matrix D of shortest path distances
 $D \leftarrow W$ $c1_1 \leftarrow \infty$ $w_1 \leftarrow d_{1,2}$
for $k \leftarrow 2$ **to** N **do**
 $k1 \leftarrow k - 1$ $r \leftarrow \text{getRow}(D, k)$ $r1 \leftarrow \text{getRow}(D, k1)$
 for $i \leftarrow 1$ **to** $k1$ **do**
 $min \leftarrow \infty$ $ri \leftarrow \text{getRow}(D, i)$
 for $j \leftarrow 1$ **to** $k1$ **do**
 $s2 \leftarrow c1_i + r1_j$ **if** $ri_j > s2$ **then** $ri_j \leftarrow s2$ // Update U_{k-1}
 $s0 \leftarrow ri_j + w_j$ **if** $min > s0$ **then** $min \leftarrow s0$ // Add
 A_k
 $s1 \leftarrow ri + r1_j$ **if** $d_{k,j} > s1$ **then** $d_{k,j} \leftarrow s1$ // Add A_k
 $c_i \leftarrow min$
 for $i \leftarrow 1$ **to** $k1$ **do**
 $c1_i \leftarrow d_{i,k} \leftarrow c_i$ $w_i \leftarrow d_{i,k+1}$
 if $k < N$ **then** $w_k \leftarrow d_{k,k+1}$
 $k1 \leftarrow N$ $r1 \leftarrow \text{GetRow}(D, k1)$
 for $i \leftarrow 1$ **to** $k1 - 1$ **do**
 $ri \leftarrow \text{getRow}(D, i)$
 for $j \leftarrow 1$ **to** $k1 - 1$ **do**
 $s2 \leftarrow c1_i + r1_j$ **if** $ri_j > s2$ **then** $ri_j \leftarrow s2$ // Update U_N
return D

Comparison of proposed and Floyd-Warshall algorithms

The iteration scheme of loops along i and j of *GEA* differs from those of *FW*. In *FW*, the overall number of iterations of the most nested loop is N^3 . In *GEA*, the overall number of iterations of the loop is $\eta = 1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + N^2$. Equation (4) evaluates the ratio $\rho = N^3 / \eta$.

$$\rho = \frac{B^3}{(B(B+1)(2B+1)/6)} = \frac{6}{(2+3/B+1/B^2)} \quad (4)$$

When $N \rightarrow \infty$, the ratio $\rho \rightarrow 3$. In this case, *GEA* has the overall number of iterations in the most nested loop of $N^3 / 3$, which is three times less than in *FW*.

FW updates N^2 matrix elements in each iteration of the loop along k . It recalculates totally N^3 values. *GEA* successively updates matrices $D[1 \times 1]$, $D[2 \times 2]$, ..., $D[N \times N]$ of the increasing size. The overall number of updated matrix elements is N^3 / ρ . It is equal to $N^3 / 3$ when $N \rightarrow \infty$. Comparing *GEA* against *FW*, we can conclude that the first algorithm is better than the second one regarding both the number of loop iterations executed, and the amount of data processed.

Experimental results

We have implemented the *FW*, *BFW* and *GEA* algorithms [23-28] in the C language, compiled them into single-thread applications using Visual Studio 2019 Community Edition (MSVC++ 14.29) with «Release» configuration and O2 optimization level, and carried out computational experiments on two processors: P1 – Intel(R) Core(TM) i7-10700 CPU @ 2.90GHz and P2 – Intel(R) Core(TM) i5-5200U @ 2.70GHz. The single-thread applications allow evaluating the influence of spatial and temporal locality in cache hierarchy (not the effect of parallel behavior) on the algorithm throughput. Table 1 reports the memory capacity of caches L1, L2 and L3, the processor frequency and the number of cores. We have used randomly generated complete graphs whose size N varies from 400 to 3600 vertices. Algorithms *FW* and *GEA* operated

on non-blocked matrix $D[N \times N]$. Algorithm *BFW* operated on blocked matrix $B[8 \times 8]$ at various graph size. Table 2 and Table 3 report CPU-time the algorithms have consumed while running on processors P1 and P2 respectively. We can observe that the algorithms have consumed about twice larger time on P2 against P1. Since the processors have almost the same frequency, the gain of P1 over P2 is due to the times larger size of caches. We can also observe that *BFW* is faster than *FW*, and *GEA* is faster than both *FW* and *BFW*. Figure 5 shows the speedup of *BFW* and *GEA* against *FW* on each of the P1 and P2 processors. *GEA* is faster to *FW* from 38.92 % to 40.10 % on P1, and from 27.23 % to 42.22 % on P2. As for *BFW*, it is faster to *FW* only from 5.93 % to 13.04 % on P1, and from 3.40 % to 14.39 % on P2.

Table 1. Processor parameters

Processor	L1	L2	L3	Frequency	Cores
Intel(R) Core(TM) i7-10700 CPU	0.5 MB	2.0 MB	16.0 MB	2.9 GHz	8
Intel(R) Core(TM) i5-5200U	0.2 MB	0.5 MB	3.0 MB	2.7 GHz	2

Table 2. CPU time (millisecond) of algoritms *FW*, *BFW* and *GEA* on P1 - Intel(R) Core(TM) i7-10700 CPU @ 2.90GHz vs. graph size

Algorithm	Graph size N								
	400	800	1200	1600	2000	2400	2800	3200	3600
FW	118	925	3162	7148	13745	24080	38196	57141	81752
BFW	111	839	2805	6459	12318	21605	34248	50156	71092
GEA	72	565	1894	4358	8365	14518	23283	34383	49040

Table 3. CPU time (millisecond) of algoritms *FW*, *BFW* and *GEA* on P2 - Intel(R) Core(TM) i5-5200U @ 2.70GHz vs. graph size

Algorithm	Graph size N								
	400	800	1200	1600	2000	2400	2800	3200	3600
FW	235	1962	6402	15086	29262	49163	79580	117717	157617
BFW	227	1856	6101	14185	25372	42086	70041	105143	142021
GEA	171	1205	3992	9435	18574	28407	47812	69812	94309

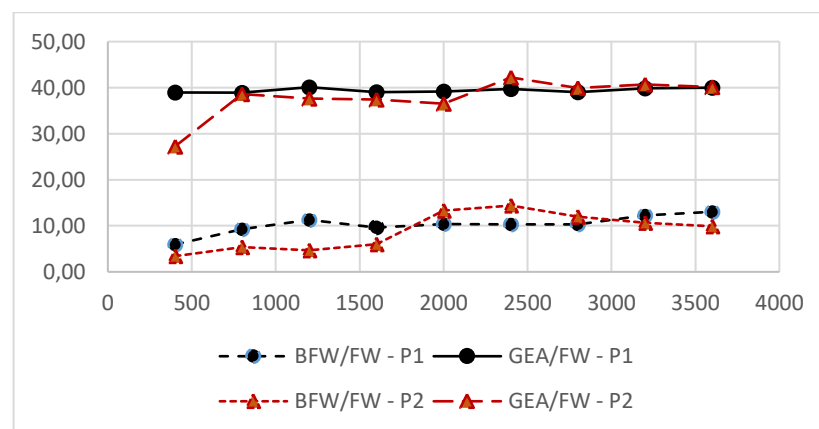


Figure 5. Speedup (%) of GEA (solid) and BFW (long dash) over FW on Intel(R) Core(TM) i7-10700 CPU @ 2.90GHz, and speedup of GEA (dash) and BFW (square dot) over FW on Intel(R) Core(TM) i5-5200U @ 2.70GHz

Conclusion

The Floyd–Warshall algorithm does not use the spatial and temporal reference locality. The blocked Floyd–Warshall algorithm was created to introduce the spatial locality while calculating the matrix of shortest path distances. Our experiments have shown that modern multicore processors and their hierarchical caches do not explore this locality effectively. In the paper we have proposed the technique of inferring and transforming shortest paths algorithms. It extracts in stepwise manner both spatial and temporal reference locality, increases the efficiency of processing big data on modern multi-core systems, and reduces the algorithm run-time dramatically. The technique is capable of inferring algorithms for solving other large-scale problems on state-of-the-art multi-processor systems.

References

- [1] Denning, P.J. The Locality Principle. *Communications of the ACM*, Volume 48, Issue 7, (2005), Pages 19–24.
- [2] Prihozhy A.A. Simulation of direct mapped, k-way and fully associative cache on all pairs shortest paths algorithms. *System analysis and applied information science*. – 2019, No. 4, pages 10–18.
- [3] Prihozhy A.A. Optimization of data allocation in hierarchical memory for blocked shortest paths algorithms. *System analysis and applied information science*. – 2021, No. 3, pages 40–50.
- [4] Anu, P., Kumar, M. G. Finding All-Pairs Shortest Path for a Large-Scale Transportation Network Using Parallel Floyd-Warshall and Parallel Dijkstra Algorithms. *Journal of Computing in Civil Engineering*. – 2013. – Vol. 27, №. 3. – P. 263–273.
- [5] Wang, L. [et al.]. Floyd-Warshall all-pair shortest path for accurate multi-marker calibration. 2010 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality. – Seoul, South Korea: IEEE, 2010, pp. 277–278.
- [6] Ridi, L., Torrini, J., Vicario, E. Developing a Scheduler with Difference-Bound Matrices and the Floyd-Warshall Algorithm. *IEEE Software*. – 2012. – Vol. 29, №. 1. – P. 76–83.
- [7] Prihozhy, A.A., Mattavelli, M., Mlynek, D. Data dependences critical path evaluation at C/C++ system level description. *International Workshop PATMOS'2003*, Springer, Berlin, Heidelberg. – 2003, pp. 569–579.
- [8] Floyd, R.W. Algorithm 97: Shortest path. *Communications of the ACM*, 1962, 5(6), p.345.
- [9] Madkour, A, Aref, W.G., Rehman, F.U., Rahman, M.A., Basalamah, S. A Survey of Shortest-Path Algorithms. *ArXiv:1705.02044v1 [cs.DS]* 4 May 2017, 26 p.
- [10] Pettie, S., , Ramachandran, V. Computing shortest paths with comparisons and additions. *Proceedings of the Thirteenth Annual ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms*, 2002, pp. 267–276.
- [11] Pettie, S. A new approach to all-pairs shortest paths on real-weighted graphs. *Theoretical Computer Science*. 312 (1), 2004: 47–74.
- [12] Seidel, R. On the All Pairs Shortest paths Problem in Unweighted Undirected Graphs. *Journal of Computer and System Sciences*. 51 (3), 1995, pp. 400-403.
- [13] Venkataraman, G., Sahni, S., Mukhopadhyaya, S. A Blocked All-Pairs Shortest Paths Algorithm. *Journal of Experimental Algorithmics (JEA)*, Vol 8, 2003, pp. 857-874.
- [14] Park, J.S., Penner, M., and Prasanna, V.K. Optimizing graph algorithms for improved cache performance. *IEEE Trans. on Parallel and Distributed Systems*, 2004, 15(9), pp.769-782.
- [15] Albalawi, E., Thulasiraman, P., Thulasiram, R. Task Level Parallelization of All Pair Shortest Path Algorithm in OpenMP 3.0. *2nd International Conference on Advances in Computer Science and Engineering (CSE 2013)*, 2013, Los Angeles, CA, July 1-2, 2013, pp. 109-112.
- [16] Tang, P. Rapid Development of Parallel Blocked All-Pairs Shortest Paths Code for Multi-Core Computers. *IEEE SOUTHEASTCON 2014*, pp. 1-7.
- [17] Solomonik, E., Buluc, A., and Demmel, J. Minimizing Communication in All Pairs Shortest Paths *IEEE 27th International Symposium on Parallel & Distributed Processing*, 2013, pp.548-559.
- [18] Singh, A., Mishra, P.K. Performance Analysis of Floyd Warshall Algorithm vs Rectangular Algorithm. *International Journal of Computer Applications*, Vol.107, No.16, 2014, pp. 23-27.
- [19] Madduri, K., Bader, D., Berry, J.W., Crobak, J.R. An Experimental Study of a Parallel Shortest Path Algorithm for Solving Large-Scale Graph Instances / K Madduri, // *Proceedings of the Ninth Workshop on Algorithm Engineering and Experiments (ALENEX)*, 2007, pp.23-35.
- [20] Прыхожы, А. А., Карасік, А. М. Кааператыўныя блочна-паралельныя алгарытмы рашэння задач на шмаг'ядравых сістэмах. *Системный анализ и прикладная информатика*. – 2015. – № 2. – С. 10–18.
- [21] Карасік, О. Н., Прихожий, А. А. Поточковыі блочна-паралельныі алгорітм поіска кратчайшых путей на графе. *Доклады БГУИР*. – 2018. – № 2. – С. 77–84.

[22] Прихожий, А. А. Разнородный блочный алгоритм поиска кратчайших путей между всеми парами вершин графа / А. А. Прихожий, О. Н. Карасик // Системный анализ и прикладная информатика. – № 3. – 2017. – С. 68–75.

[23] Прихожий, А.А., Карасик, О.Н. Исследование методов реализации многопоточных приложений на многоядерных системах. Информатизация образования. – 2014, № 1, с. 43–62.

[24] Прихожий, А.А. Распределенная и параллельная обработка данных. – Минск: БНТУ, 2016. – 90 с.

[25] Прихожий, А.А., Карасик, О.Н. Кооперативная модель оптимизации выполнения потоков на многоядерной системе. Системный анализ и прикладная информатика, 2014, № 4, с. 13–20.

[26] Карасик, О. Н., Прихожий, А. А. Усовершенствованный планировщик кооперативного выполнения потоков на многоядерной системе. Системный анализ и прикладная математика. – 2017. – № 1. – С. 4–11.

[27] Prihozhy, A.A. Asynchronous scheduling and allocation. Proceedings Design, Automation and Test in Europe. Paris, France. – IEEE, 1998, pp. 963-964.

[28] Prihozhy, A.A. Analysis, transformation and optimization for high performance parallel computing. Minsk: BNTU, 2019. – 229 p.

ВЫВОД АЛГОРИТМОВ ПОИСКА КРАТЧАЙШИХ ПУТЕЙ С ВРЕМЕННОЙ И ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ЛОКАЛЬНОСТЬЮ ДЛЯ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

А.А. ПРИХОЖИЙ

Профессор кафедры «Программное обеспечение информационных систем и технологий» Белорусского национального технического университета, д.т.н., профессор

О.Н. КАРАСИК

Ведущий инженер иностранного производственного унитарного предприятия «ИССОФТ СОЛЮШЕНЗ» (ПВТ, г. Минск), к.т.н.

*Беларуский национальный технический университет, Беларусь
ИССофт Солюшенс (часть Кохерент Солюшенс), Беларусь
E-mail: prihozhy@yahoo.com, karasik.oleg.nikolaevich@gmail.com*

Аннотация. Задача о поиске кратчайших путей между всеми парами вершин графа большого размера имеет множество важных прикладных областей в науке, технике и экономике. В таких компьютерных архитектурах, как многоядерные системы, используется иерархическая память, состоящая из локальных и разделяемых уровней, которые различаются объемом и временными задержками передачи данных. Ядра читают и записывают данные через быстрые локальные кэши, поэтому алгоритмы, поддерживающие локальность при обработке больших данных, наиболее эффективны. В статье разрабатывается метод формального вывода, направленный на создание алгоритмов поиска кратчайших путей, которые улучшают пространственную и временную локальность ссылок и снижают нагрузку на кэш. Предлагается и трансформируется алгоритм поиска кратчайших путей, построенный на основе расширения графа, который обладает свойствами локальности ссылок и пересчитывает длины кратчайших путей при каждом добавлении вершины к графу. Каждый шаг преобразования алгоритма вносит дополнительную временную или пространственную локальность. Вычислительные эксперименты, проведенные на двух типах многоядерных процессоров и на графах из тысяч вершин, показали примерно 40 % повышение производительности предложенного алгоритма по сравнению с классическим алгоритмом Флойда-Уоршалла. Предложенный алгоритм также показал выигрыш в 25–35 % по сравнению с блочным алгоритмом Флойда-Уоршалла, обладающим свойством пространственной локальности данных.

Ключевые слова: многоядерный процессор; иерархическая память; кэш; алгоритм поиска кратчайших путей; большие данные; пространственная локальность; временная локальность; преобразование алгоритма; формальный вывод.

УДК 004.01/004.046

ANOMALY DETECTION USING AUTOENCODER FOR DATA QUALITY MONITORING IN CLOUD



C.S.Dzik

graduate student bsuir, utech solutions, software and data engineer



I.I. Piletski

phd, associate professor of belarusian state university of informatics and Radioelectronics

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus
E-mail: kanstantind@gmail.com, ianmenski@gmail.com*

C.S.Dzik

Graduate student BSUIR, Utech Solutions, software and data engineer, conduct scientific research of anomaly detection using autoencoder artificial neural network

I.I. Piletski

PhD, Associate Professor of Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics. In the field of IT for over 50 years. Participation in the development of several large projects.

Abstract. Many works are dedicated to solving the data quality problem, a number of standards have been developed, but the problem has not been solved for decades. Moreover, this problem now requires a more complex solution due to processing large amounts of unstructured data in the cloud. This work presents the original project Autoencoder that focuses on the technology of analysis, detection and forecasting poor-quality data transmission based on machine learning and the use of neural networks.

Keywords: anomaly detection, autoencoder, artificial neural network, MLP, deep learning, AWS, S3, unsupervised learning

Introduction.

In today's world, cloud computing is a rapidly evolving technology that many organizations are adopting to enable their digital transformation. Cloud technology is opening up new competitive opportunities for companies globally and re-defining how they do business. The cloud makes resources, applications, platforms, and data available anytime, anywhere. Transferring data from outdated systems to the cloud enables you to scale your business, make your data productive, and make it more accessible.

Today most of the company's operations and strategic solutions rely heavily on the cloud data, so data quality is becoming an increasingly important characteristic. Data quality issues that arise when data and data applications are transferred to the cloud have a particular position among the challenges companies face. Cloud computing assumes new types and resources for potential data quality errors. In general, poor quality data can affect productivity, total and overall return on investment. Data quality is significantly affected by data that differs from the data contained in the data set, the so-called anomalous data.

Data quality and anomalous data.

According to data quality experts, data is of high quality when it satisfies the requirements of its intended use. In other words, companies know that they have good quality data when they

are able to use it to communicate effectively with their constituents, determine clients' needs, and find effective ways to serve their client base [1-4].

This data quality definition is broad enough to help companies with varying products, markets, and missions to understand if their data is up to standards.

Data quality is not good or bad, high or low. It is a range or an indicator of operability of the data that passes through a company. Data quality management ensures the context-dependent process of improvement of suitability of the data, which is used for analysis and decision-making. The goal is to provide the vision of the “health” of the data by applying different processes and technologies to the increasingly complex data sets [1-4].

We want to be sure that when we take advantage of the cloud to help data managing, we define data quality parameters at the same time.

The most obvious and compelling way to achieve the goal is to make sure we perform automatic data quality checks for all our data, wherever they are - in the cloud or elsewhere. We must always perform an on-site data quality check.

Virtually every company that works with data has a certain data quality (DQ) monitoring system. Some companies even hire an entire department that deals with the issue. This option is very expensive. In addition, most data quality checks are hard-coded and rule-based. In the event of a failure, the system notifies you of the risk indicator. Such rules are often critical to business continuity. For example, we cannot have a missing customer ID or a “risk profile” variable with an incorrect value. As the amount of data grows, you cannot specify a rule for work with each attribute; not to mention the difficulty of working with hard-coded multidimensional control checks.

The best option is automated DQ (data quality) checks using Machine Learning to detect anomalies that we don't even need to explicitly program.

Identifying anomalies (or outliers) in data is a challenge for scientists and engineers from various fields of science and technology. Although the detection of anomalies (objects suspiciously different from the main data set) has been engaged for, a long time and the first algorithms were developed back in the 60s of the last century figure 1 [5].

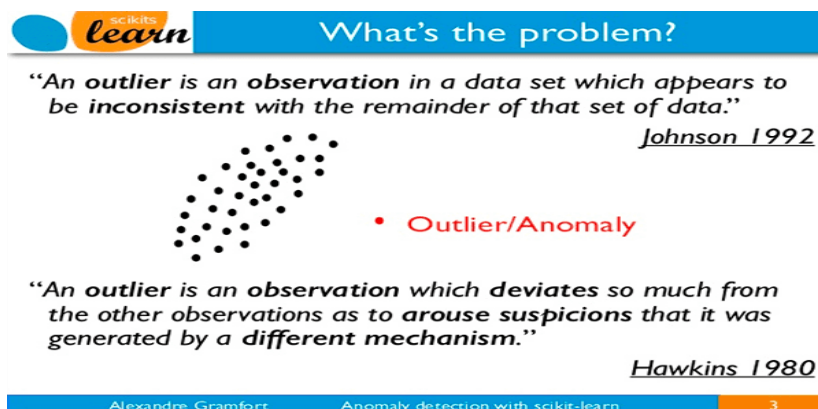


Figure 1. Example of an anomaly in data

In this area, there are many unresolved issues and problems that people face in such areas as consulting, bank scoring, information security, financial transactions and healthcare. So, for example, various algorithms and methods for detecting anomalies are used in the following areas: Fraud Detection, Cyber-Intrusion Detection, Medical Anomaly Detection, Sensor Networks Anomaly Detection, Internet Of Things (IoT) Big-data Anomaly Detection, Log-Anomaly Detection, Video Surveillance, Industrial Damage Detection.

In connection with the rapid development of deep learning algorithms over the past few years, many modern approaches to solving this problem have been proposed for various types of studied data, be it images, tabular data (about financial transactions), etc.

Anomaly detection.

Anomaly detection (or outlier detection) is the identification of rare items, events or observations which raise suspicions by differing significantly from the majority of the data. Typically, abnormal data may be associated with a problem or rare event such as data quality, bank fraud, health problems, structural defects, faulty equipment, etc. This relationship is interesting in terms of the possibility to identify data points that can be considered anomalies, since the detection of such events is interesting from the point of view of sustainable business development [1]. This brings us to one of the key goals of this study: how to determine whether data points are normal or abnormal? In some simple cases, this can be determined at once (see figure 2.).

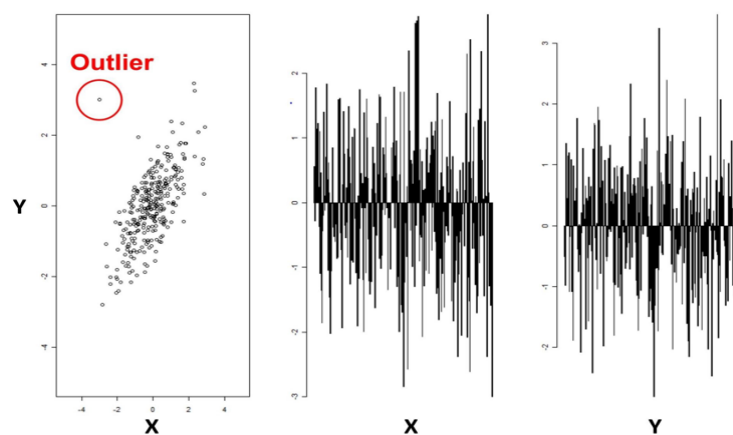


Figure 2: Anomaly detection for two variables

Let us consider the case of two-dimensional data (X and Y): it is quite easy to visually identify anomalies through data points located outside the typical distribution. However, looking at the numbers on the right, it is not possible to identify the outlier directly from investigating one variable at the time.

In addition, it still remains a difficult task to differentiate whereas the difference between anomalies and noise in some sort of data. This is illustrated in figures 3.1 and 3.2:

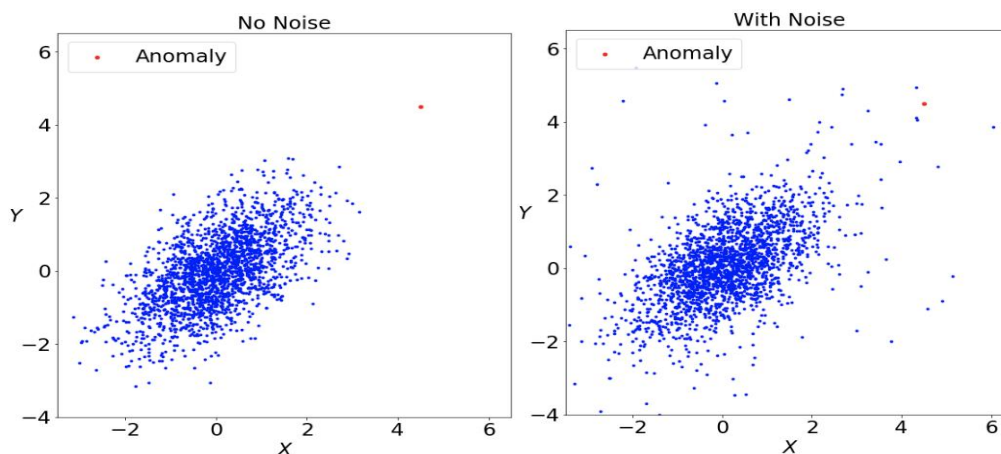


Figure 3.1. Data without Noise

Figure 3.2. Data with noise

In both figures, the main distribution is the same. In Figure 3.1, the anomalous point marked in red seems to be obvious as it deviates significantly from the rest. However, in Figure 3.2 it is difficult to distinguish the anomaly point from the other points in the sparse space. This example shows that the difficulty to distinguish between anomalies and noises depends on the dataset. Thus, a deep understanding of the dataset is necessary to distinguish between anomalies and noises.

Various methods and algorithms of traditional machine learning are used to detect anomaly research: Supervised, Unsupervised, Hybrid Models, and various Neural Networks. However, at present, the Deep learning for anomaly detection method has found great application.

Deep learning for anomaly detection.

Deep Anomaly Detection (DAD) - allows you to resolve the following set of limitations:

Uncertainty of new data: since anomalies are objects that are not similar to all others, the algorithm must be able to generalize information about the object with the information already available from previously obtained data and determine the lack of similarity, if any;

Heterogeneity of different classes of objects: the dissimilarity can be different;

The rarity of the appearance of anomalies: imbalance of classes in training.

Various types of anomalies: single objects, ordinary objects, groups of objects in abnormal conditions (too dense graph of fake social network accounts).

At the same time, from the point of view of machine learning, the following main difficulties in the task at hand can be named:

Low values of precision metrics in the problem of classification into abnormal / normal (frequent false positives of algorithms on normal data);

The problem of large data dimensions;

Lack or lack of labeled data;

The instability of algorithms to noisy objects;

Detection of anomalies of a whole group of objects;

Low interpretability of results.

Categorization of approaches, in article [6] G. Pang gives the following classification of existing approaches to solving the problem (see figure 4.).

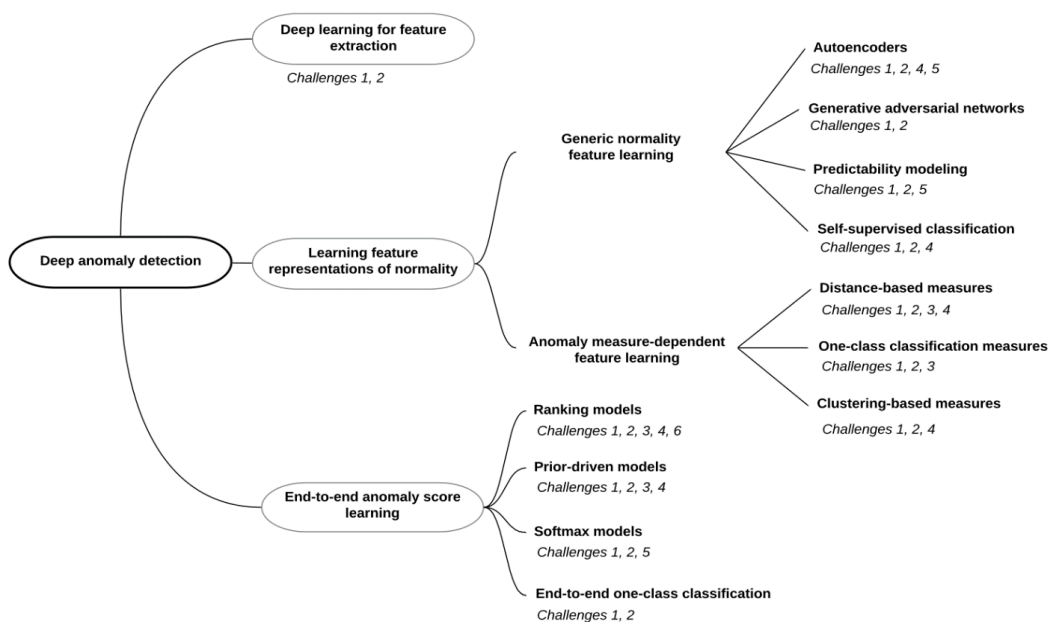


Figure 4. Deep anomaly detection

The author breaks down all algorithms into three large groups:

1. Deep learning for feature extraction;
2. Learning feature representation of normality;
3. End-to-end anomaly score learning.

Deep learning for feature extraction - in fact, the separate problem of obtaining a new domain of features of a smaller size than the original one (in this case, it will be possible to use pre-trained models from other deep learning problems), and the solution of the classification problem already on the data of a new domain using classical anomaly detection methods. Here the two parts of the solution are in no way related to each other, and only the first part can be attributed to DAD. An the figure 5 [6] schematically shows the pipeline for this approach. First, we use a neural network $\phi (): X \rightarrow Z$ to translate the original feature space into a low-dimensional space Z , and then independently scoring the presence of anomalies using classical methods.

Learning feature representation of normality - now the $\phi (): X \rightarrow Z$ neural network is not an independent extractor of new features, but is trained together with the scoring system of anomalies, that is, the Z space will be formed with an eye to the final task.

However, we need end-to-end anomaly score learning - end-to-end pipeline, where the neural network will immediately predict anomaly score, see figure 6.

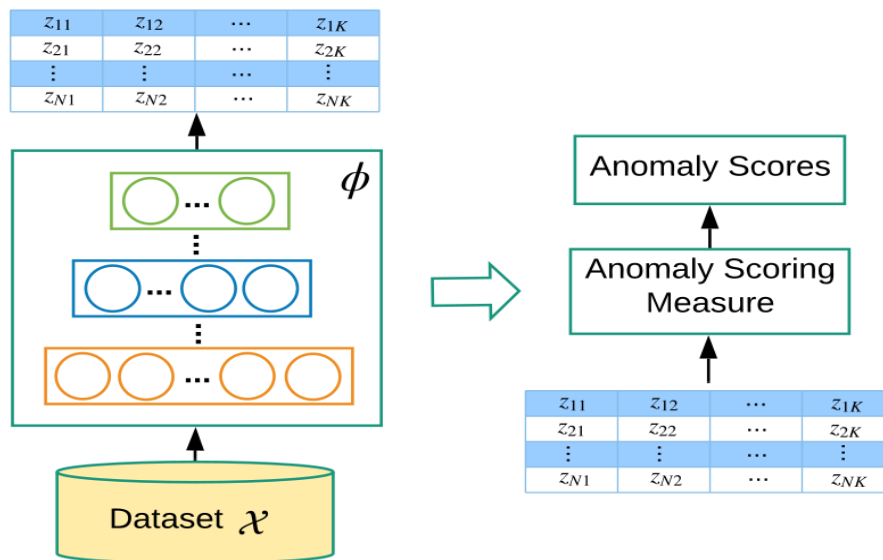


Figure 5. Deep learning for feature extraction

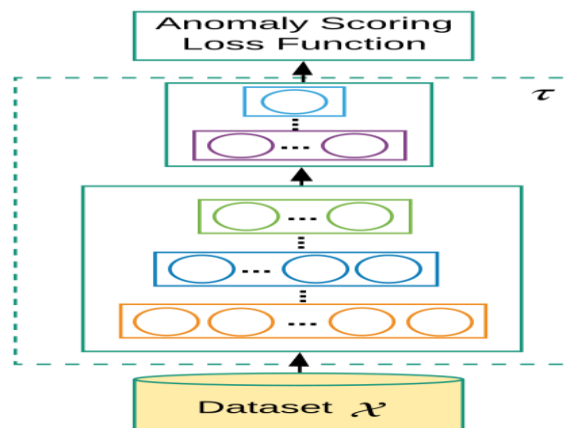


Figure 6. End-to-end anomaly score learning

Autoencoder.

For the DAD task the normal data easily reconstructed by the autoencoder, while the anomalous object for the model will be difficult to reconstruct. An autoencoder is a type of artificial neural network used to learn efficient data codings in an unsupervised manner.

Autoencoder are can: accept an input set of data; internally compress the data into a latent-space (low dimensional) representation; reconstruct the input data from the latent representation.

To accomplish this task, an autoencoder uses two components: an encoder and a decoder.

The encoder accepts the input data and compresses it into the latent-space representation. The decoder then attempts to reconstruct the input data from the latent space [5].

The aim of an autoencoder is to learn a representation (encoding) for a set of data, typically for dimensionality reduction. Along with the reduction side, a reconstructing side is learnt, where the autoencoder tries to generate from the reduced encoding a representation as close as possible to its original input [5, 7], see figure 7.

Here, x is the input to the encoder, E is the encoder, the data transformation is $z=E(x)$. x^1 output from decoder, restore data to decoder $x^1 =D(z)$. Then autoencoder can be written as:

$$x^1 =D(E(x)).$$

To find anomalies/outliers using the autoencoder we should: take our pre-trained autoencoder; use it to make predictions (i.e., reconstruct the digits in our dataset), measure the MSE between the original input images and reconstructions, compute quantiles for the MSEs, and use these quantiles to identify outliers and anomalies.

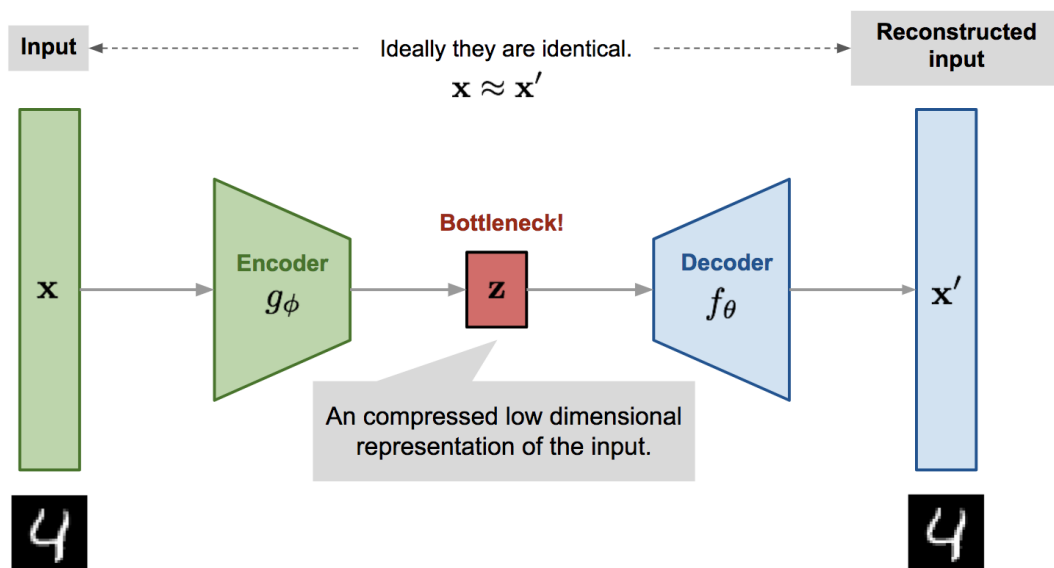


Figure 7. Example autoencoder network

The model contains an encoder function $g(\cdot)$ parameterized by ϕ and a decoder function $f(\cdot)$ parameterized by θ . The low-dimensional code learned for input x in the bottleneck layer is $z=g_\phi g_\phi(x)$ and the reconstructed input is $x'=f_\theta(g_\phi g_\phi(x))$. The parameters (θ,ϕ) are learned together to output a reconstructed data sample same as the original input, $x \approx f_\theta(g_\phi g_\phi(x))$, or in other words, to learn an identity function. There are various metrics to quantify the difference between two vectors, such as cross entropy when the activation function is sigmoid, or as simple as MSE loss:

$$L_{AE}(\theta, \phi) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x^{(i)} - f_{\theta}(g_{\phi}(x^{(i)})))^2$$

To find anomalies/outliers using the autoencoder we should: take our pre-trained autoencoder; use it to make predictions (i.e., reconstruct the digits in our dataset), measure the MSE between the original input images and reconstructions, compute quantiles for the MSEs, and use these quantiles to identify outliers and anomalies.

In terms of architecture, the simplest form of an autoencoder is a feedforward, non-recurrent neural network very similar to the many single layer perceptron's which makes a multilayer perceptron (MLP) — having an input layer, an output layer and one or more hidden layers connecting them — but with the output layer having the same number of nodes as the input layer, and with the purpose of reconstructing its own inputs.

Autoencoders are a type neural network architecture that allows unsupervised learning, the basic principle of which is to get the response closest to the input at the output layer.

Autoencoders are relevant for DQ because they can model whole data tables. They map all relevant fields of a data table to the input and the output layer of the network. Hidden layers between input and output layers learn the regular behaviour of the data. As usually, we need to have “good” data to train the model [8].

If something unusual happened to the data, and we didn't expect that. Even if the system conforms to all the classic hard-coded rules, an autoencoder trained to handle regular data will be completely malfunctioning and predicting incorrect data outputs. We will observe a reconstruction error – a significant difference between predicted and actual values – and detect a data anomaly. The data doesn't behave in the way that the autoencoder learned.

Such function is very useful when something new is happening in a dataset. For example, there are suddenly much more missing values (NA) than usual, or levels of categorical variables change or shift. The autoencoder allows you to omit the encoding of these rules. This feature also helps you to identify the source of the problem. The described properties of autocoders allow the detection of anomalies at an early stage of their occurrence and reduce the cost of manual research [9].

Development and application of autoencoder.

We've developed an anomaly detection solution that processes and transforms metadata from S3. Using Deep Learning algorithms, our application detects data load anomalies of S3 files.

For a given S3 path, our application fetches all the metadata, prepares it for ML model consumption, trains the ML model, detects anomalies by identifying unusual patterns, unexpected behaviors, or events.

Application components:

1. Metadata Fetch
2. Data Preparation
3. Anomaly Detection Model

What does application do?

1. Targets data sets on S3

Metadata fetch: Fetch raw S3 metadata and manipulate it to filter out size/timestamp fields for given S3 objects
Data Preparation: transform fetched metadata and extract necessary features required for the model training component.

2. Identifies anomalies in the metadata as files load

Model training: training the ML Models for anomaly detection and forecasting, tune the models and publish as executables.

Model execution: execute the ML models using prepared data and generate labels for each row(anomaly/not anomaly).

Components details:

Metadata Fetch: the driving force behind our application is S3 metadata. The purpose of our application is to be able to detect/forecast anomalies based on load patterns for data files in S3. In order for the framework to be able to understand the data and detect anomalies, the data needs to be made available for the framework utilities. This is where the Metadata Fetch process comes in.

The Metadata Fetch process is the first step in the application pipeline. As its name suggests, it fetches the metadata from objects in S3 and performs transformations & formatting on top of the fetch metadata so that it can be consumed further down the pipeline. The key pieces of information that are collected during this fetch process are the object load timestamp.

Metadata Fetch is built entirely in python. It utilizes the S3 API (specifically the `list_objects_v2` function) to list the objects for a given S3 Bucket/Key pair and obtain metadata from the API response. A sample API response for the `list_objects_v2` API call is shown below:

```
HTTP/1.1 200
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<ListBucketResult>
  <IsTruncated>boolean</IsTruncated>
  <Contents>
    <ETag>string</ETag>
    <Key>string</Key>
    <LastModified>timestamp</LastModified>
    <Owner>
      <DisplayName>string</DisplayName>
      <ID>string</ID>
    </Owner>
    <Size>integer</Size>
    <StorageClass>string</StorageClass>
  </Contents>
  ...
  <Name>string</Name>
  <Prefix>string</Prefix>
  <Delimiter>string</Delimiter>
  <MaxKeys>integer</MaxKeys>
  <CommonPrefixes>
    <Prefix>string</Prefix>
  </CommonPrefixes>
  ...
  <EncodingType>string</EncodingType>
  <KeyCount>integer</KeyCount>
  <ContinuationToken>string</ContinuationToken>
  <NextContinuationToken>string</NextContinuationToken>
  <StartAfter>string</StartAfter>
</ListBucketResult>

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<ListBucketResult xmlns="http://s3.amazonaws.com/doc/2006-03-01/">
  <Name>bucket</Name>
  <Prefix/>
  <KeyCount>205</KeyCount>
  <MaxKeys>1000</MaxKeys>
  <IsTruncated>false</IsTruncated>
  <Contents>
    <Key>my-image.jpg</Key>
    <LastModified>2009-10-12T17:50:30.000Z</LastModified>
    <ETag>"fba9dede5f27731c9771645a39863328"</ETag>
    <Size>434234</Size>
    <StorageClass>STANDARD</StorageClass>
  </Contents>
  <Contents>
    ...
  </Contents>
  ...
</ListBucketResult>
```

From the above response, the LastModified, Size and StorageClass fields are filtered output and pushed to the final output.

Data Preparation component.

Data Preparation takes the input json files (same as the output if metadata fetch process) which includes multiple files where each contains a list of scheduled load time metadata, and output all the same records with additional features extracted from the input attributes in csv/json format.

Sample features:

file_id: 11
file_size: 1235.0
size_percentage_change: -128.2
last_modified_timestamp: 2021-06-27 16:04:22.0
month: 6
day_of_month: 27
week_of_month: 5
day_of_week: 4
time_of_day: 964.36
last_modified_cumulative_duration: 7905.45
last_modified_range: 7905.45

Formula for feature extraction:

File_identifier: unique id for each file
File_size: “total size” attribute from the input file
Filesize_percentage_change: based on total_size in each file_identifier, [(current-previous)/current*100]
Timestamp: last_modified_timestamp attribute from the input file
Month, day_of_month, week_of_month, day_of_week: extract from “last_modified_timestamp”
Time_of_day: based on “last_modified_timestamp”, unit: minute, range: (0, 1440)
Cumulative_duration: based on “last_modified_timestamp” in each “file_identifier”, [(current-initial)], unit: minute
Time_range: based on “last_modified_timestamp” in each “file_identifier”, [(current-previous)], unit: minute

Anomaly Detection model.

Detection model is build using Autoencoder in Keras with a TensorFlow Backend. This Model allows to detect anomalies by identifying unusual patterns or behaviors and label output with the results.

ML implementation workflow:

Importing the required libraries
Read data
Preprocessing the data
Building and Training the model
Saving and Reload the model
Reconstruction error graph with thresholds labeled
Simulation of the process with full file
Analysis Results
Metrics

Autoencoders require three things:

Encoding function
Decoding function

Loss function describing the amount of information loss between the compressed and decompressed representations of the data examples and the decompressed representation. (i.e. “loss” function)

For our solution, we built an autoencoder with two hidden layers, with the number of units 9-6-3-6-9 and tanh and reLu as activation functions.

The autoencoder was then trained with Adam - an optimized version of backpropagation - on just legitimate transactions, for 75 epochs (see figure 9), against the MSE as a loss function, figure 10.

Activation functions are mathematical equations that determine the output of neural network. The function is attached to each neuron in the network, and determine whether it should be activated(“fired”) or not, based on whether each neuron’s input is relevant for the model’s prediction.

The general idea behind unsupervised anomaly detection approaches is to find an approximate model that can capture the normal behavior of complex systems. The approximate model can then be used to flag anomalies if the deviation of the predicted behaviors of the trained model from the actual observation exceeds some certain threshold. Training on the normal data, the autoencoder is expected to produce higher reconstruction error for the abnormal inputs than the normal ones, which is adopted as a criterion for identifying anomalies (on Figure 10). We have two columns – time range difference and file size difference. Orange line represent the training curve, while blue line represents new input curve. Green dots indicate normal data points, while red dotes indicates potential anomalies. As we can see on Figure 11-13, unsupervised anomaly detection approaches Autoencoder allows us to identify unusual patterns and behaviors.

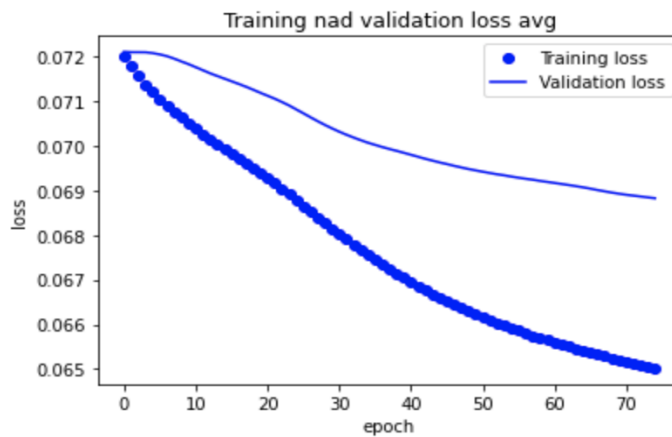


Figure 9. Autoencoder trained

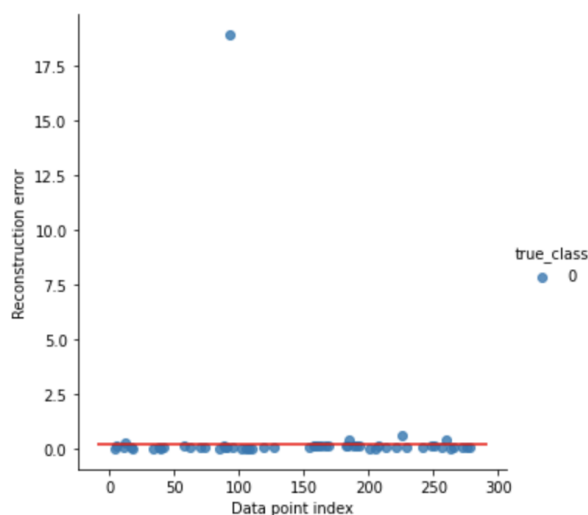


Figure 10. Model allows to detect anomalies

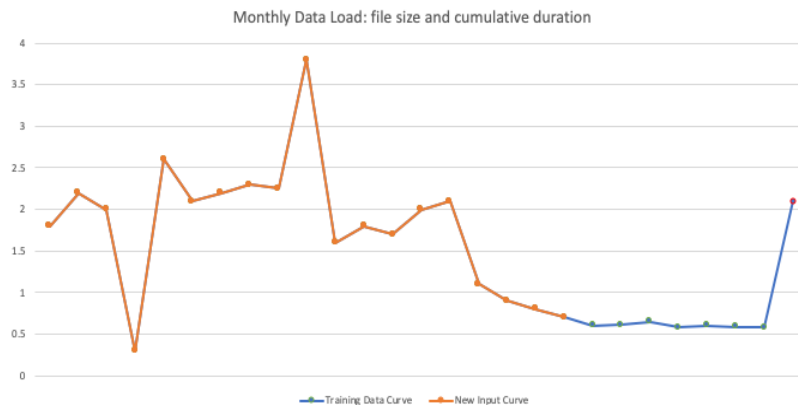


Figure 11. Identify unusual patterns and behaviors: dataset 1

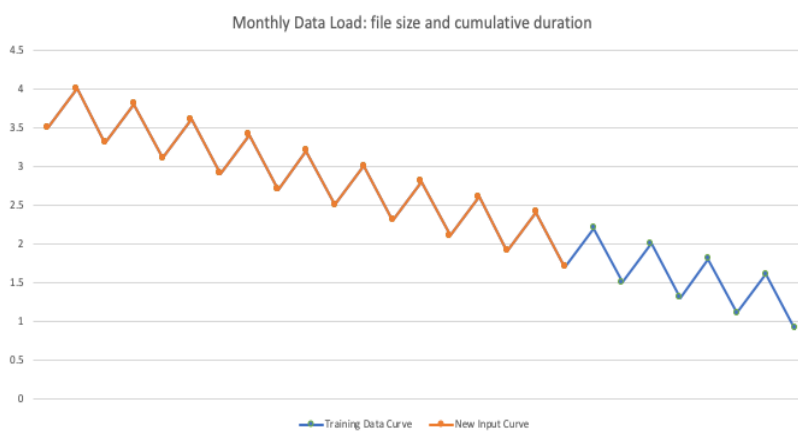


Figure 12. Identify unusual patterns and behaviors: dataset 2

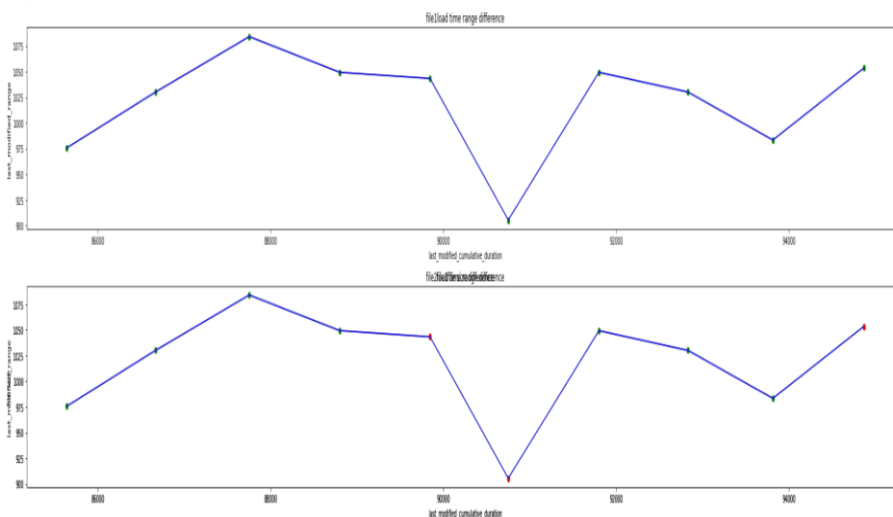


Figure 13. Identify unusual patterns and behaviors: dataset 3

Conclusion.

The main purpose of unsupervised deep learning suggested approach is ability to detect anomalies based on load patterns for data files in S3. By using metadata from Objects in S3 and performs transformations and formatting on top of the metadata so it can be consumed by

Autoencoder Artificial neural network. In the future our plan to apply the proposed technique for various applications. Also the plan to conduct a more in-depth theoretical analysis of the proposed technique.

Benefits of the offered model. Unsupervised learning: no need to know the labels of anomalies before learning. We are using an artificial neural network - Autoencoder algorithm. That allows us to identify unusual patterns or behaviors and label output with the results. Autoencoder algorithm able to take all factors that may cause anomalies into count at the same time and take multiple files together to run at the same time

References

- [1] ИСО 8000-2 Качество данных. Часть 2. Словарь (ISO 8000-2, Data quality - Part 2: Vocabulary)
- [2] ИСО/ТС 8000-110 Качество данных. Часть 110. Основные данные. Обмен данными характеристик. Синтаксис, семантическое кодирование и соответствие спецификации данных (ISO 8000-110, Data quality - Part 110: Master data: Exchange of characteristic data: Syntax, semantic encoding, and conformance to data specification)
- [3] ИСО/ТС 8000-120 Качество данных. Часть 120. Основные данные. Обмен данными характеристик. Происхождение (ISO/TS 8000-120:2009, Data quality - Part 120: Master data: Exchange of characteristic data: Provenance)
- [4] Data quality //[Online Resource] – Access Mode: https://en.wikipedia.org/wiki/Data_quality // Access Date: 14.02.2022
- [5] Anomaly detection with Keras, TensorFlow, and Deep Learning //[Online Resource] – Access Mode: Anomaly detection with Keras, TensorFlow, and Deep Learning - PyImageSearch // Access Date: 14.02.2022
- [6] Deep Learning for Anomaly Detection: A Review //[Online Resource] – Access Mode: https://www.researchgate.net/publication/342732975_Deep_Learning_for_Anomaly_Detection_A_Review // Access Date: 14.02.2022
- [7] Giancarlo Zaccane, Md. Rezaul Karim, Ahmed Menshawy, Deep Learning with TensorFlow, 2017
- [8] Jason Brownlee, Machine Learning Mastery With Python Understand Your Data, Create Accurate Models and Work Projects End-To-End, 2016.
- [9] Chun Chat Tan, AUTOENCODER NEURAL NETWORKS: A Performance Study Based on Image Reconstruction, 2009.

ОБНАРУЖЕНИЕ АНОМАЛИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОЭНКODERA ДЛЯ МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА ДАННЫХ В ОБЛАКЕ

К.С. ДИК

Аспирант БГУИР, Ютех Солюшнс, инженер по программному обеспечению и данным, проводит научные исследования по обнаружению аномалий с помощью искусственной нейронной сети автоэнкодера

И.И. ПИЛЕЦКИЙ

Кандидат физико-математических наук, доцент Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. В сфере ИТ более 50 лет. Участие в разработке нескольких десятков крупных проектов.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь
E-mail: kanstantind@gmail.com, ianmenski@gmail.com*

Аннотация. Решению проблемы качества данных посвящено множество работ, разработан ряд стандартов, но проблема решается десятилетиями. Более того, данная проблема в настоящее время требует более сложного решения из-за обработки больших объемов неструктурированных данных в облаке. В данной работе представлен оригинальный проект Autoencoder, ориентированный на технологию анализа, обнаружения и прогнозирования некачественной передачи данных на основе машинного обучения и использования нейронных сетей.

Ключевые слова: обнаружение аномалий, автоэнкодер, искусственная нейронная сеть, MLP, глубокое обучение, AWS, S3, неконтролируемое обучение.

УДК 631.15:33

THE USE OF MACHINE LEARNING IN RECOMMENDED SYSTEM IN THE E-COMMERCE



Y. Akhmer

phd doctoral student of the department of computer engineering of the International University of Information Technology



G.U. Bektemyssova

associate professor, department of computer engineering, International University of Information Technology

*The Department of Computer Engineering
International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: g.bektemisova@iitu.edu.kz*

Y. Akhmer

Is PhD doctoral student of the Department of Computer Engineering of the International University of Information Technology His research interests include ML, data science, data analysis, natural language processing, predictive models etc.

G. Bektemyssova

Is a candidate of technical sciences; currently holding the positions of associate professor at International Information Technology University (IITU) and director of the IITU Department of Postgraduate Education. Her research interests include machine learning (ML), decision support systems, data science, big data etc..

Abstract. A filtering method is indispensable in a data-flooded environment. Recommended systems have made a massive step towards this aim, speeding up internet-based customer experience. Most of today's examples of artificial marketing intelligence are known as supervised learning, which varies from offering personalized specific products identifying the most valuable marketing strategies, to forecasting customer churn rate or customer life value, and building up a positive client base. Generally, different types of stored information are used to customize various dimensions or search results, demonstrate the most targeted advertising on the homepage, etc. Recommended systems make a profit by using suggestions to generate sales. Every other system can use different data from multiple sources to assess the usage patterns and discover similar trends which forecast future customers' purchases or preferences. It predicts interesting patterns and provides guidance based on the customer interest model. There seems to be, on the one side, a traditional recommendation system that proposes items based on various criteria of consumers or products such as product price, user information and etc., but on the other hand, we have also recommended systems incorporating deep learning methods, even if they have not yet been well investigated. This paper discusses various processes associated with implementing recommenders systems and numerous recommender approaches along with the analysis of those methods that can be used by different scholars across several papers. Implementation of collaborative filtering method and content-based filtering techniques is pretty much pointless, since most e-commerce shops are already using hybrid engines, which have proved to be more effective. In our research we have also incorporated the benefits and drawbacks of every approach. Finally, this paper also presents numerous difficulties and problems confronting recommenders in their application systems algorithms. In this paper, we initially present multiple best known types of recommended systems and concentrate on one part of the e-commerce recommendation and afterwards make their quantitative comparison. Recommender systems have taken a huge step towards this goal, greatly improving the user experience in the online environment.

Keywords: Recommendation Systems, E-commerce, Content-based Filtering, Collaborative Filtering, User-based Filtering.

Introduction.

The field of e-commerce is dominated by, personalization services, aimed at optimizing the site content for a specific consumer. The standard big data processing system includes an analysis of four parameters: data on a specific user, data on the entire population of users, information on the properties of the product and external factors. Based on the above criteria, the system automatically selects the most relevant products for the consumer, thereby improving the quality of service and sales.

Key players in the e-commerce industry, such as Amazon or AliExpress, prefer to use their own developments in the field of customizing the product range (for example, AWS). The statistical data show the effectiveness of these tools' implementation and improvement for working with Big Data in Internet commerce. Specifically, RichRelevance provides data on more than 10% sales growth and 300% investment efficiency for companies using BD solutions in their work. The Russian analogue of foreign systems - RetailRocket declares the possibility of increasing the online store sales by 10-50%. Thus, the application of Big Data technologies in e-commerce today is relevant and continues to evolve.

As of the beginning of 2019, the online trading market of the Republic of Kazakhstan was estimated at 287 billion tenge, manifesting the total 23.2% annual growth. The share of online trading in total trade amounted to only 2.9%, which, according to Nikolai Babeshkin, indicates a significant growth potential. The forecast for global online market growth is 11% per year. At the same time, the potential of Kazakhstan is quite high, given its level of Internet penetration. According to World Cellular Information Service -, in 2017 Kazakhstan had 76.4% of the Internet users. In this rating, Kazakhstan ranks second to the UK (94.8% of users), ahead of even the United States (76.2%), Poland (76%) and Russia (76%). An increase in the number of connections via smartphones in the republic add to the positive picture: by the end of 2018, there were 18.2 million, and 25.6 million are forecast by 2022. By this period, smartphones should account for 82% of the total number of mobile connections. According to the Digital Kazakhstan Association (DKA) experts, in 2022 the e-commerce market in Kazakhstan may be worth 928 billion tenge. That is, according to cautious estimates based on the global average growth, there will be a 6% increase.

Recommender systems are a large class of models whose goal is to increase business performance by providing relevant recommendations to the user in the right place, at the right time, and through the right communication channel.

Every day, millions of people are searching the Internet: someone is looking for movies or clothes, someone is looking for a car or a vacation package, and all users are united by one goal: to find what they need. If in the last century people learnt about the emergence of new goods from mailing lists, by now this process has been accelerated by dozens (or even hundreds) times due to the appearance of television and then the Internet.

And in recent decades, the use of machine learning algorithms has become one of the leading trends in improving a wide variety of search engines. As an addition to the process of independent search (among millions of names of various goods and services), recommendation systems began to predict what exactly would be interesting for this or that user. In the course of their work such recommendation algorithms have been constantly trained, adapted and transformed, to better understand the user, and as a result of their functioning, 50% or more of the recommended goods or services to some extent or another satisfy the users' search queries. This article provides an analysis of the principles of operation of the main methods for implementing recommender systems and metrics to evaluate their performance.

Related work

This section presents some related work that uses recommended system techniques in e-commerce and on online store websites.

The recommender system is described as a user- friendly decision-making strategy in

advanced data environments [1]. The recommendation system was also classified first from the point of view of e-commerce mostly as a method that allows people to interact through information data relating to the users' requirements and needs [2]. The recommendation system was considered as a technique of supporting and enhancing the social method of creating options via the use of recommendations from others since there is no adequate specific understanding or knowledge of alternatives [3]. The recommender systems (Jannach et al. 2010) leave reviews (options, strategies) relevant to the user. The recommender systems address the issue of information overload that customers are likely to experience by supplying the latter with individualized, unique subject matter and delivery recommendations.

Recommended techniques primarily boil down to two main methods: collaborative filtering and content-based filtering. Collaborative Filtering (Konstan et al. 1997) uses the view of customers with similar choices, while content-based filtering (Pazzani and Billsus 1997) is centered on a comparison of the information of the already purchased products with the new products that could possibly be recommended to the customer. Certain basic recommendations are knowledge-based recommendations, group recommendation systems, and hybrid recommendations. Knowledge-based advising systems (Felfernig et al. 2015) focus on knowledge acquisition, guidelines or limitations on a product array, user behavior and recommendations metrics (i.e. which product should be suggested in this or that scenario). Group recommendation systems (Felfernig et al. 2018; Masthoff 2011) measure recommendations in which the whole cohort ought to be satisfied with the recommendation. A hybrid recommendation (Burke 2002) integrates fundamental recommendations to help make up for the flaws of the samples treated.

Several methods of developing recommendation systems have recently been introduced which use collaborative filtering, content-based filtering or hybrid filtering [11], [12], [13]. The collaborative filtering method seems to be the most complete and perhaps the most widely used. Collaborative filtering recommends items by classifying certain customers with similar preferences; it uses everyone's viewpoint to recommend products to the active user. Collaborative recommended systems have been developed in various application domains. The system then proposes some similar products or services on-line as per the customer's previous purchases. From the other side, content-based methods align information assets with user preferences. Content-based filtering methods typically center their assumptions on customer data and dismiss commitments from all other customers, like in the particular instance of collaborative techniques [14], [15].

Despite the success of these two filtering techniques, several limitations have been identified. Some of the problems with content-based filtering techniques are associated with limited content analysis, overspecialization and sparsity of data [16]. Also, collaborative approaches generate cold-start, sparsity and scalability problems. Based on the effectiveness of such two filtering methods, a number of constraints have been recognized. A few of the difficulties related to content-based filtering methods include restricted comparative study, overspecialization and data sparseness [16]. Collaborative techniques also have issues with cold-start, sparsity and scalability. Such issues usually lower the productivity of the recommendations. Hybrid filtering, which integrates multiple filtering methods in a variety of ways to improve the efficiency and productivity of the recommended systems, has indeed been suggested [17], [18], in order to alleviate some more of the current challenges. All such methods merge multiple or more filtering methods in order to manipulate their strong points while at the same time balancing their respective weaknesses [19]. Based mostly on their activities, they could be categorized into a weighted hybrid, mixed hybrid, switching hybrid, feature-combination hybrid, cascade hybrid, feature-augmented hybrid and meta-level hybrid [20]. Cunningham et al. [21] developed a clear and easy technique for integrating content-based and collaborative filtering.

Recommended system phases: theoretical review

The task of the recommender system is to inform the user about a product that he may be most interested in at a given time. The client receives information, and the service makes money on the provision of quality services. Services are not necessarily direct sales of the goods offered. The service can also earn on commissions or simply increase user loyalty, which then translates into advertising and other income.

Depending on the business model, recommendations can be its basis, as, for example, with TripAdvisor, or can be just a convenient additional service (such as, for example, in some online clothing store), designed to improve the customer experience and make the catalog navigation more comfortable.

Personalization of online marketing is an obvious trend of the last decade. According to McKinsey, 35% of Amazon's revenue or 75% of Netflix's revenue comes from recommended products, and this percentage is likely to grow. Recommender systems are about what to offer the client to make him happy. Transparency is one of the important characteristics of the system. People trust the recommendation more if they understand exactly how it has been received. So there is less risk of running into "unscrupulous" systems that promote paid goods or put more expensive goods higher in the ranking. In addition, a good recommender system itself should be able to deal with purchased reviews and sales cheats. Manipulations, by the way, are also unintentional. For example, when a new blockbuster is released, it is the first thing the fans go at, accordingly, the rating can be greatly overestimated for the first couple of months. This section is devoted to the description of algorithms which are also an integral part of any recommendation system. Despite the many existing algorithms, they all boil down to several basic approaches, which will be analyzed below. The most classical algorithms include summary-based (non-personal), content-based (models based on product description), collaborative filtering, matrix factorization (methods based on matrix decomposition), hybrid and some others.

A. Non-personalized recommendations

Let us consider non-personalized recommendations because they are the easiest to implement. Here the potential interest of the user is simply determined by the average rating of the product: "Everyone likes it, so you will like it." Most of the services work on this principle when the user is not logged in to the system, for example, the same TripAdvisor.

1) Cold start problem

A cold start is a typical situation when enough data have not yet been accumulated for the recommender system to work correctly (for example, when a product is new or just rarely bought). If the average rating is calculated by the estimates of only three users (Alice, Bob and Eve), such an assessment will clearly not be reliable, and users understand this. In such situations, ratings are often artificially adjusted.

The first way is to show not the average value, but the smoothed average (Damped Mean). The meaning is this: with a small number of ratings, the displayed rating is more inclined to a certain safe "average" indicator, and as soon as a sufficient number of new ratings is gathered, the "average" adjustment ceases to work.

Another approach is to calculate confidence intervals for each rating. Mathematically, the more estimates, the less variation of the average and, therefore, more confidence in its correctness. And as a rating you can display, for example, the lower boundary of the interval (Low CI Bound). At the same time, it is clear that such a system will be quite conservative, with a tendency to underestimate ratings for new products (unless, of course, this is a hit).

Since estimates are limited to a certain scale (for example, from 0 to 1), the usual method of

calculating the confidence interval is poorly applicable here: because of the distribution tails that go to infinity and the symmetry of the interval itself. There is an alternative and more accurate way to calculate it - Wilson Confidence Interval. In this case, asymmetric intervals are obtained, as shown in Figure 1.

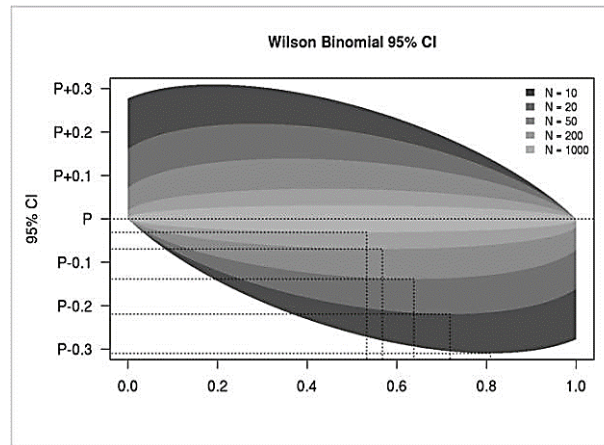


Figure 1. Wilson Confidence Interval

In the figure above, the horizontal rating of the average rating is plotted, and the vertical is the spread around the average. Different sizes of the sample are highlighted in color (obviously, the larger the sample, the smaller the confidence interval).

The cold start problem is just as relevant for non- personalized recommendations. The general approach here is to replace what cannot be counted at the moment with various heuristics (for example, replace it with an average rating, use a simpler algorithm, or not use a product at all until data is collected).

2) Relevance of recommendations

In some cases, it is also important to consider the “freshness” of the recommendation. This is especially true for articles or forum posts. Fresh entries should hit the top more often. For this, correction factors (damping factors) are used. Below are a couple of formulas for calculating the ranking of articles on media sites (Figure 2).

Example of rating calculation in Hacker news magazine:

$$Rank = \frac{(U - D - 1)^{0.8} \times P}{T^{1.8}}$$

Figure 2. Example of rank calculation

where U = upvotes, D = downvotes, and P (Penalty) is an additional adjustment for the implementation of other business rules.

Not all elements are equally significant: for example, allied words, obviously, do not carry any payload. Therefore, when determining the number of matching elements in two vectors, all measurements must first be weighed by their significance. This task is solved by the TF-IDF transformation well known in Text Mining as shown in Figure 4, which assigns more weight to rarer interests. The coincidence of such interests is more important in determining the proximity of two vectors than the coincidence of popular ones.

Rating calculation in Reddit:

$$\text{Rank} = \log_{10}(\max(1, U - D)) - \frac{|U - D|T}{\text{const}}$$

Figure 3. Example of Reddit calculation

where U = the number of votes in favor, D = the number of votes against, T = the time of recording. The first term estimates the “recording quality”, and the second makes a correction for time.

Obviously, a universal formula does not exist, and each service invents the formula that best solves its problem - it is verified empirically.

B. Content-based recommendations

Personal recommendations suggest the maximum use of information about the user himself, primarily about his previous purchases. One of the first approaches used for the purpose was the content-based filtering approach. In the framework of this approach, the description of the product (content) is compared with the interests of the user obtained from his previous ratings. The more the product meets these interests, the higher is the evaluated potential interest of the user. The obvious requirement here is that all products in the catalog should have a description.

Historically, the subject of content-based recommendations has often been goods with an unstructured description: films, books, articles. Such signs may be, for example, text descriptions, reviews, casts and more. However, nothing prevents the use of ordinary numerical or categorical signs.

Unstructured features are described in a way typical of text - vectors in the word space (Vector-Space model). Each element of such a vector is a feature that potentially characterizes the user's interest. Similarly, a product is a vector in the same space.

As the user interacts with the system (say, he buys films), the vector descriptions of the goods purchased by him are combined (summed and normalized) into a single vector and, thus, a vector of his interests is formed. Further, it is enough to find a product whose description is closest to the vector of interests, i.e. solve the problem of finding n nearest neighbors.

$$W_{x,y} = tf_{x,y} \times \log\left(\frac{N}{df_x}\right)$$

TF-IDF

$tf_{x,y}$ = frequency of x in y

df_x = number of documents containing x

Figure 4. TF-IDF transformation

The TF-IDF principle here is equally applicable to ordinary nominal attributes, such as, for example, genre, director, language. TF – is a measure of the importance of the attribute for the user, IDF - a measure of the "rarity" of the attribute.

There is a whole family of similar transformations (for example, BM25 and similar ones), but in substance they all repeat the same logic as TF-IDF: rare attributes should have more weight when comparing products. Figure 5 below illustrates how the weight of TF-IDFs depends on TF and IDF. The nearest horizontal axis is DF: attribute frequency among all products, the far horizontal axis is TF: user's attribute frequency logarithm.

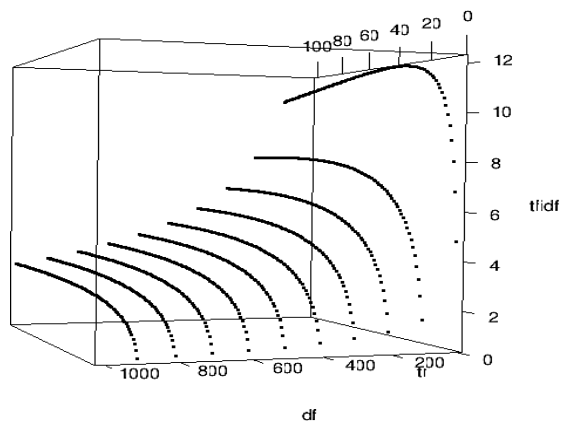


Figure 5. The weight of TF-IDFs

Some points to consider when implementing.

- When forming a vector-space presentation of a product, instead of individual words, you can use shingles or n-grams (consecutive pairs of words, triples, etc.). This will make the model more detailed, but more data will be needed for training.
- In different places of the product description, the weight of the keywords may differ (for example, the description of the film may consist of a title, a brief description and a detailed description).
- Product descriptions from different users can be weighted differently. For example, we can give more weight to active users who have many ratings.
- Similarly, you can weigh a product. The higher is the average rating of an object, the greater is its weight (similar to PageRank).
- If the product description allows links to external sources, then you can get confused and analyze all third-party information related to the product.

It can be seen that content-based filtering almost completely repeats the query- a document matching mechanism used in search engines such as Yandex and Google. The only difference is in the form of a search query - here is a vector describing the interests of the user, and the keywords of the requested document. When search engines begin to add personalization, the distinction is erased even more. As a measure of the proximity of two vectors, the cosine distance is most often used (Figure. 6).

$$\text{sim}(A, B) = \cos(\theta) = \frac{A \cdot B}{\|A\| \|B\|}$$

Figure 6. A measure of proximity

When a new assessment is added, the vector of interests is updated incrementally (only for those elements that have changed). When recounting, it makes sense to give new estimates a little more weight, since preferences may vary.

C. Collaborative filtering (User-based option)

This class of systems began to develop actively in the 90s. As part of the approach, recommendations are generated based on the interests of other similar users. Such recommendations are the result of the “collaboration” of many users. The classic implementation

of the algorithm is based on the principle of k nearest neighbors. On the fingers - for each user, we look for k most similar to him (in terms of preferences) and supplement the information about the user with data known about his neighbors. So, for example, if it is known that your interest neighbors are delighted with the film "Blood and Concrete", and you haven't watched it for some reason, this is a great reason to offer you this film for Saturday viewing (Figure. 7).

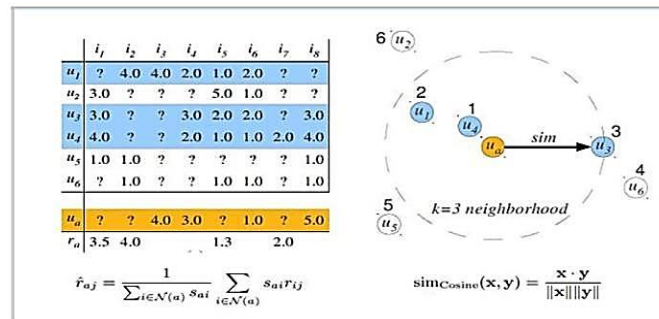


Figure 7. An example of Collaborative method

The figure above illustrates the principle of the method. In the preference matrix, the user for which we want to determine the ratings for new products (question marks) is highlighted in yellow. Three of his closest neighbors are highlighted in blue.

“Similarity” of interests is in this case a synonym for their “correlation” and can be considered in many ways (in addition to Pearson correlation, there is also a cosine distance, a Jacquard distance, a Hamming distance, etc.).

The classical implementation of the algorithm has one obvious minus - it is poorly applicable in practice due to quadratic complexity. Indeed, like any method of the nearest neighbor, it requires the calculation of all pairwise distances between users (and there may be millions of users). It is easy to calculate that the complexity of calculating the distance matrix will be $O(n^2, m)$ where n is the number of users and m is the number of products. With a million users, a minimum of 4TB is required to store the distance matrix raw.

This problem can be partially solved by purchasing a high- performance iron. But if you approach wisely, it is better to introduce corrections into the algorithm:

- update distances not with every purchase, but with batches (for example, once a day),
- do not recalculate the distance matrix completely, but update it incrementally,
- opt for iterative and approximate algorithms (for example, ALS).

For the algorithm to be effective, it is important that a few assumptions are fulfilled.

• People’s tastes do not change with time (or change, but in the same manner for everyone).

- If people's tastes coincide, then they coincide in everything.

For example, if two clients prefer the same films, then they also like the same books. This often happens when the recommended products are homogeneous (for example, only films). If this is not so, then a couple of customers may well have the same food preferences, and political views be directly opposite - here the algorithm will be less effective.

The user's neighborhood in the preference space (his neighbors), which we will analyze to generate new recommendations, can be chosen in different ways. We can work with all users of the system in general, we can set a certain proximity threshold, we can select several neighbors randomly or take the n most similar neighbors (this is the most popular approach).

The authors of MovieLens as the optimal number of neighbors give figures of 30-50 neighbors for films and 25-100 for arbitrary recommendations. It is clear here that if we take too many neighbors, we will get more chance of random noise. And vice versa, if we take too little,

we will get more accurate recommendations, but fewer products can be recommended. An important stage in the preparation of data is the normalization of estimates.

1) Data standardization (scaling)

Since all users evaluate differently - someone puts five in a row, and you rarely expect four from someone - it's better to normalize the data before calculating, i.e. lead to a single scale so that the algorithm can correctly compare them with each other.

Naturally, the predicted estimate will then need to be translated into the original scale by the inverse transformation (and, if necessary, round to the nearest integer).

There are several ways to normalize:

- centering (mean-centering) - we simply subtract their average rating from the user's ratings,
- standardization (z-score) - in addition to centering, we divide its assessment by the standard deviation of the user, relevant only for non-binary matrices (after the reverse conversion, the rating may go beyond the scale (i.e., for example, 6 on a five-point scale), but such situations are quite rare and are solved simply by rounding towards the nearest acceptable rating),

- double standardization – firstly, we normalize user ratings, secondly- product ratings.

If the movie “The Best Movie” has an average rating of 2.5, and the user gives it 5, then this is a strong factor indicating that such films are clearly to his taste. The "similarity" or correlation of the preferences of two users can be considered in different ways. In fact, we just need to compare two vectors and list the most popular correlations.

1. Pearson correlation is a classical coefficient, which is quite applicable when comparing vectors (Figure. 8).

$$\rho = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2 \sum_i (y_i - \bar{y})^2}}$$

Figure 8. Pearson correlation coefficient

Its main disadvantage is that when the intersection is estimated to be low, the correlation can be high simply by accident.

To combat a randomly overstated correlation, you can multiply it by a factor of 50 / min (50, Rating intersection) or any other damping factor, the influence of which decreases with the increasing number of ratings.

2. Spearman correlation

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

Figure 9. Spearman correlation coefficient

The main difference is the rank coefficient, i.e. it works not with absolute ratings, but with their serial numbers. In general, it gives a result very close to Pearson's correlation.

3. Cosine distance

Another classic factor. If you look closely, the cosine of the angle between standardized vectors - is Pearson's correlation, calculated using the same formula:

$$\text{similarity} = \cos(\theta) = \frac{A \cdot B}{\|A\| \|B\|} = \frac{\sum_{i=1}^n A_i B_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^n A_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n B_i^2}}$$

Figure 10. The similarity

It is called the cosine distance - because if two vectors are aligned (that is, the angle between them is zero), then the cosine of the angle between them is equal to one. Conversely, the cosine of the angle between perpendicular vectors is zero.

An interesting development of the collaborative approach are the so-called Trust-based recommendations, which take into account not only the proximity of people according to their interests, but also their “social” proximity and the degree of trust between them. If, for example, we see that on Facebook the girl periodically visits the page with the audio recordings of her friend, then she trusts her musical taste. Therefore, recommendations to the girl can completely mix new songs from the friend’s playlist.

2) Justification of recommendations

It is important that the user trusts the recommendation system, and for this it should be simple and understandable. If necessary, a clear explanation of the recommendation should always be available (in English terms).

As part of the explanation, it’s nice to show the product’s assessment of the neighbors, according to which attribute (for example, the actor or director), there was a coincidence, as well as display the confidence of the system in the assessment (confidence). In order not to overload the interface, you can put all this information into the “Tell me more” button. For instance: “You might like the movie ... and plays there.”, “Users with similar musical tastes rated the album 4.5 out of 5.”

D. Collaborative filtering (Item-based option)

The Item-based approach is a natural alternative to the classical User-based approach described in the first part, and repeats it almost completely, except for one point - it applies to the transposed preference matrix, i.e. looks for related products, not users.

Let me remind you that the user-based collaboration filtering (user-based CF) searches for each client for a group of customers most similar to him (in terms of previous purchases) and averages their preferences. These average preferences serve as recommendations for the user. In the case of commodity collaborative filtering (item-based CF), the closest neighbors are searched for on the set of goods - columns of the preference matrix, and averaging occurs precisely on them.

Indeed, if the products are meaningfully similar, then most likely they are either liked or not liked at the same time. Therefore, when we see that the valuations of two products are strongly correlated, this may indicate that they are analogous goods.

Advantages of the item-based approach over the user-based one:

- When there are a lot of users (almost always), the task of finding the nearest neighbor becomes poorly computable. For example, for 1 million users, you need to calculate and store ~ 500 billion distances. If you encode the distance with 8 bytes, this results in 4TB for the distance matrix alone. If we do an Item-based search, then the complexity of the calculations decreases from $O(N^2n)$ to $O(n^2N)$, and the distance matrix has a dimension no longer than 1 million per 1 million but, for example, 100 per 100 by the number of products.

- The proximity rating of products is much more accurate than the proximity rating of users. This is a direct consequence of the fact that there are usually many more users than goods, and

therefore there is much less the standard error in calculating the correlation of good. We just have more information to draw a conclusion.

- In the user-based version, user descriptions are usually very sparse (there are a lot of products, few ratings). On the one hand, this helps to optimize the calculation - we multiply only those elements where there is an intersection. But on the other hand – no matter how many neighbors you take, the list of goods that you can eventually recommend is very small.

- User preferences may change over time, but the item description is much more stable.

The rest of the algorithm almost completely repeats the user-based option: the same cosine distance as the main measure of proximity, the same need for data normalization. The number of neighboring goods N is usually chosen in the region of 20.

Due to the fact that the correlation of products is considered on a larger number of observations, it is not so critical to recalculate it after each new assessment, and you can do this periodically in the battle mode.

Several possible improvements to the algorithm:

- An interesting modification is to consider the “similarity” of products not as typical cosine distances, but by comparing their content (content-based similarity). If at the same time the user preferences are not taken into account in any way, such filtering ceases to be “collaborative”. Moreover, the second part of the algorithm – obtaining averaged estimates – does not change in any way.

- Another possible modification is to weigh users when calculating item similarity. For example, the more users make ratings, the more weight they have when comparing two products.

- Instead of simply averaging estimates for neighboring products, weights can be selected by doing a linear regression.

When using the item-based approach, recommendations tend to be more conservative. Indeed, the scatter of recommendations is less and therefore less likely to show non-standard products.

If in the preference matrix we use the product description view as a rating, then the recommended products are most likely to be analogues - products that are often viewed together. If we calculate the ratings in the preference matrix based on purchases, then most likely the recommended products will be accessories - goods that are often bought together.

E. Factorization Algorithms

It would be great to describe the interests of the user in “larger strokes.” Not in the format “he loves films X, Y and Z”, but in the format “he loves modern Russian comedies”.

Besides the fact that this will increase the generalization ability of the model, it will also solve the problem of large dimensionality of data - because interests will not be described by a vector of goods, but by a significantly smaller vector of preferences.

Such approaches are also called spectral decomposition or high-pass filtering (since we remove noise and leave a useful signal). There are many different matrix decompositions in algebra, and one of the most commonly used is called singular value decomposition (SVD).

The SVD method was used in the late 80s to select pages that were similar in meaning, but not in content, and then began to be used in recommendations tasks. The method is based on the decomposition of the initial matrix of ratings into a product of 3 matrices:

$$R = U \times D \times S,$$

where $(k,m)=(k,r)*(r,r)*(r,m)$ are the sizes of the matrices and r - decomposition rank - a parameter characterizing the degree of decomposition detail.

Applying this decomposition to our preference matrix, we obtain two matrixes of factors

(abbreviated descriptions): U – a compact description of user preferences, S a compact description of product features.

It is important that with this approach we do not know which characteristics correspond to the factors in the reduced descriptions, for us they are encoded by some numbers. Therefore, SVD is an uninterrupted model.

In order to get an approximation of the preference matrix, it suffices to multiply the matrix of factors. Having done this, we obtain a rating score for all client-product pairs.

The general family of such algorithms is called NMF (non-negative matrix factorization). As a rule, the calculation of such expansions is very laborious, therefore, in practice, they often resort to their approximate iterative variants.

ALS (alternating least squares) is a popular iterative algorithm for decomposing a preference matrix into a product of 2 matrices: user factors (U) and product factors (I). It works on the principle of minimizing the standard error of the ratings. Optimization takes place alternately, first by user factors, then by product factors. Also, to circumvent retraining, regularization coefficients are added to the standard error.

If we supplement the preference matrix with a new dimension containing information about the user or the product, then we will be able to expand not the preference matrix, but the tensor. Thus, we will use more available information and possibly get a more accurate model.

F. Hybrid solutions

In practice, only one approach is rarely used. As a rule, several algorithms are combined into one in order to achieve maximum effect.

The two main advantages of combining models are increased accuracy and the possibility of more flexible tuning to different groups of customers. The disadvantages are less interpretability and greater complexity of implementation and support.

Several combining strategies:

- Weighting - reading the weighted average forecast for several estimates.
- Stacking - predictions of individual model inputs of another (meta) classifier that learns to correctly weight intermediate estimates.
- Switching - applying different algorithms for different products / users.
- Mixing – recommendations are calculated on different algorithms, and then simply combined into one list.

For example, content-based recommender is used, and one of the features is - the result of collaborative filtering.

Feature weighted (linear) stacking:

$$P(u, i) = w_1 P_1(u, i) + w_2 P_2(u, i) + \dots + w_n P_n(u, i)$$

Weights $w_1, w_2 \dots w_n$ are trained on the sample. As a rule, logistic regression is used for this. Stacking in general:

$$P(u, i) = f_1(u, i) P_1(u, i) + f_2(u, i) P_2(u, i) + \dots + f_n(u, i) P_n(u, i)$$

G. Other approaches

1) Association Rules

Associative rules are generally used in the analysis of product correlations (Market Basket Analysis) and look something like this: “if there is milk in the customer’s check, then in 80% of

cases there will be bread”. That is, if we see that the client has already put milk in the basket, it’s time to remind about the bread.

This is not the same as analysis of purchases spaced in time, but if we consider the whole history as one big basket, then we can fully apply this principle here. This may be justified when, for example, we sell expensive one-time goods (credit, flight).

1.1) RBM (restricted Boltzman Machines)

Bounded Boltzmann machines are a relatively old approach based on stochastic recurrent neural networks. It is a latent variable model and in this it is similar to SVD decomposition. It also looks for the most compact description of user preferences, which is encoded using latent variables. The method was not developed to search for recommendations, but it was successfully used in the top Netflix Prize solutions and is still used in some tasks.

1.2) Autoencoders

It is based on the same principle of spectral decomposition, which is why such networks are also called denoising auto- encoders. The network first collapses the user data it knows about into a compact representation, trying to leave only meaningful information, and then restores the data to its original dimension. The result is a kind of averaged, noise-free template that can be used to evaluate interest in any product.

2) DSSM (deep semantic similarity models)

It is one of the new approaches using the same principle, but here the role of latent variables is performed by the internal tensor descriptions of the input data (embeddings). Initially, the model was created for query matching with documents (as well as content-based recommendations), but it is easily transformed into the task of matching users and products (Figure 11).

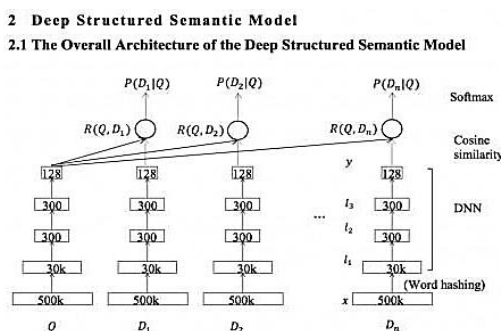


Figure 11. An overall architecture of DSSM

The variety of deep network architectures is unlimited, which is why Deep Learning provides a truly wide field of experimentation for recommender systems.

Experimental data

Online E-commerce websites like Amazon, AliExpress use various recommendation models to make different offers to users. Amazon right now uses a collaborative item-to-item filtering which grows to enormous datasets and delivers great high-quality recommendations progressively. This kind of filtering compares the purchased and valued items of each user to similar items then

joins those corresponding items into a user recommendation list (Figure 12).

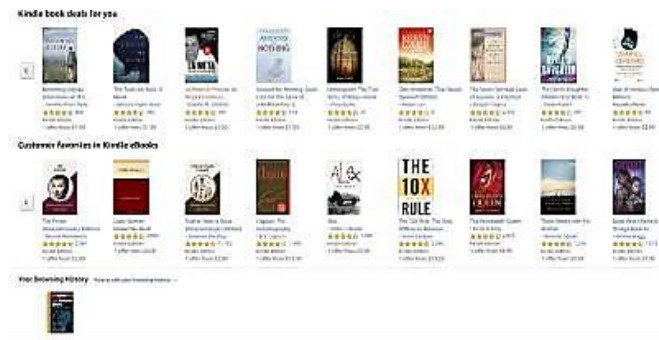


Figure 12. An example of recommendation in Amazon

In this article, an e-commerce product was taken as experimental data, based on 4 variables and more than 7 million items. Therefore, this article attempts to develop a recommendation model for Amazon's electronics products. Amazon is one of the world's largest e-commerce companies. They market millions of items around the world every day, adding multiple thousands to their range of products. It is very important that we continue analyzing the effectiveness of our products. However, most identical products are regulated differently, due to the varied digital infrastructure. Thus, product quality analysis primarily limits the ability to group related products in a precise manner. In order to develop the model, we will first use various types of recommendations systems, including popularity based systems, content based systems and collaborative filtering. We are flooded with tons of information in this contemporary world and that data yield the valuable knowledge. But customers can not obtain the information they are interested in from that data. Recommended systems have been implemented to help the client to figure out product details. A recommender system generates a correlation between the user and objects and employs the user / item commonality for making recommendations.

Table 1. Description of features in the dataset

Feature	Type	Description
userId	object	Every user is identified with a unique id
productId	object	Every product is identified with a unique id
Rating	float	Rating of the corresponding product by the corresponding user
timestamp	integer	Time of the rating

Table 1 illustrates that, each variables has its own specific type. The shape of the data: (7824482, 4). There are no missing values.

The total number of unique ratings is 7824482, whereas the total number of users is 4201696 and the total number of products is 476002.

As we can see in Figure 8, there is no equal distribution between ratings, rating 5.0 has been given by most users, whereas rating 2.0 has been given by less than half million, and it is the lowest one, comparing to others. The mean of the rating in the dataset exceeds 4.0. We divided our dataset into two parts, 70% of the dataset is training and 30% is the test dataset.

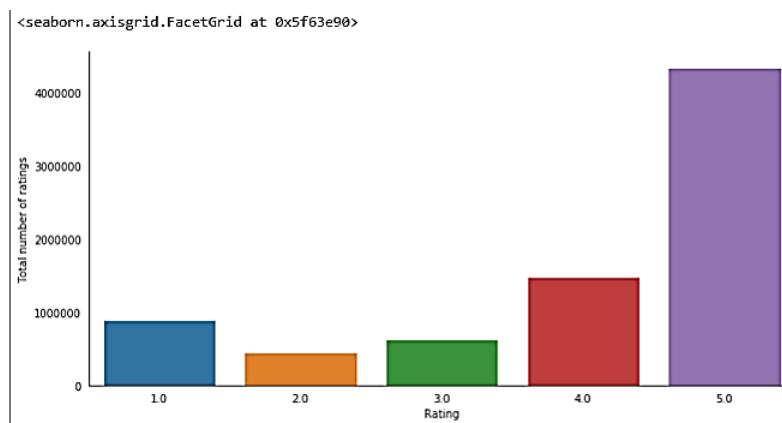


Figure 13. Distribution of ratings in the dataset

Note, the data points have been described by their features already; we are directly within the setting of the feature space. We will give some statistics on this data, and it will be our initial analysis. Since, we have 4 features, we present only some relevant value to give an idea of each statistical collection.

Table 2. Statistics of the rating value

	Mean	Count	Standard deviation
Rating	3.972	1048576	1.399

Proposed methodology

The exponential rise in the amount accessible of digital information and the number of Internet users has generated a possible information overload problem that impedes rapid response to points of interest on the Internet. There were no problems related to the prioritization and personalization of data (where a program correlates the available content to the customer's desires and priorities).

The scheme for solving these problems is as follows.

1. Research analysis or the information collection phase. At this stage, we performed a one-dimensional and two-dimensional analysis of data, processing emissions, and missing values. The missing values were replaced by averages. In this project, there are no missing values. Also this step gathers accurate user data to produce a client's profile page or model for predictive tasks along with the customer's rating, habits or content based on access resources. So the customer profile defines a basic user model. The effectiveness of every recommendation system is heavily dependent upon its ability to operate the current interests of users. Reliable models are important to get adequate and effective recommendations from any predictive techniques.

2. The learning phase. It implements a learning algorithm to sort and manipulate the features of the customer from the feedback obtained during the process of information collection. This effectively turns off all models except the one that fits best.

3. The prediction/recommendation phase. It suggests or forecasts what sort of products the user may choose. This could be achieved either through an assessment of the dataset obtained during the process of information collection which may be based on memory or model, or on the customer's experienced data (Figure14).

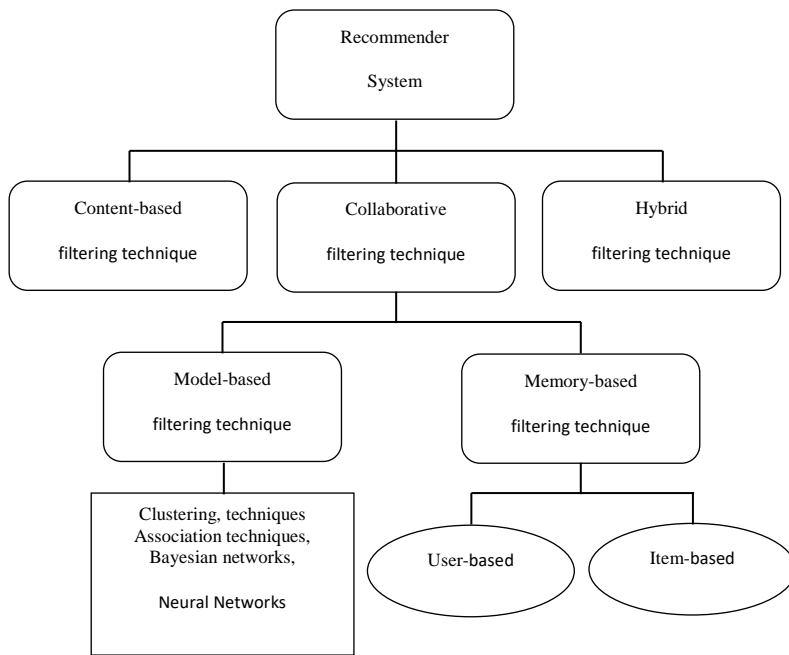


Figure 14. Recommendation techniques

A. Popularity Based Recommendation

The recommendation system based on popularity functions as a pattern. It uses the products that are currently in trend. For instance it indicates, whether any item that every new customer normally purchases is likely to be recommended to the customer who has just registered.

The new data frame includes customers who have given 50 ratings or more (Figure 15).

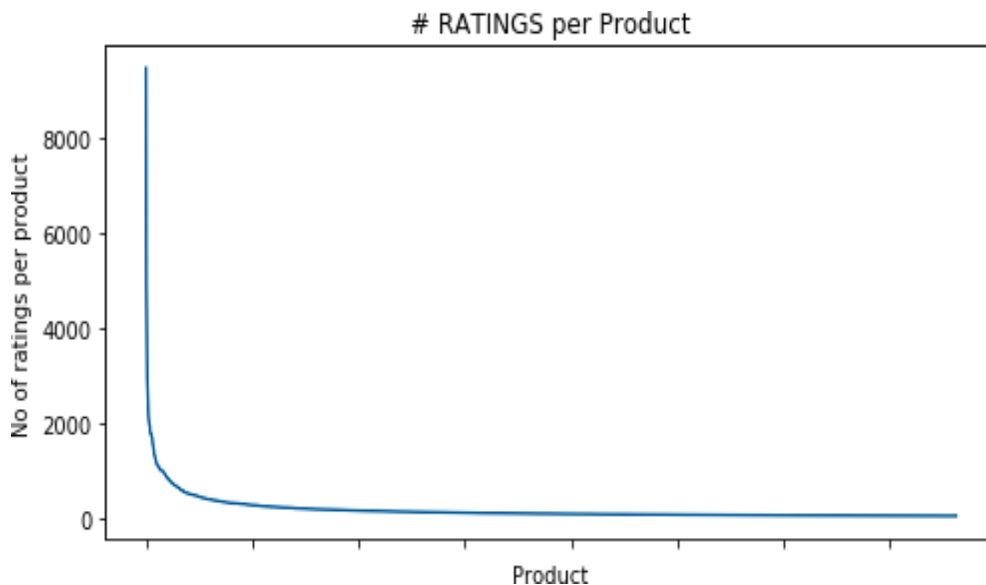


Figure 15. Number of ratings per product

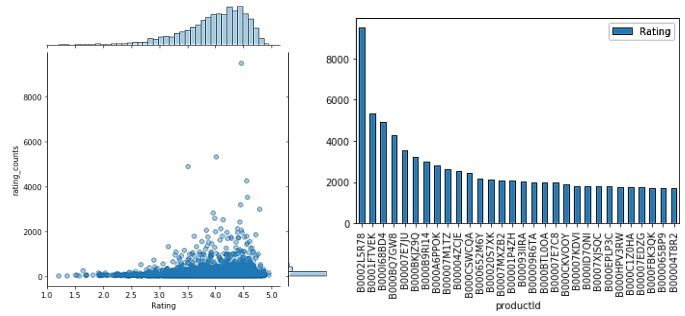


Figure 16. Rating vs rating counts

Figure 17. Final sorting of popular products by rating

Collaborative filtering (Item-Item recommendation)

For recommender systems collaborative filtering is widely implemented. Such approaches are intended to replace the missing elements of a matrix association of customer- items. We will be using the method of collaborative filtering. This uses historical item ratings by around-minded individuals to determine how others will classify the item in question. Collaborative filtering has two subgroups that are commonly referred to as memory-based and model-based approaches. After splitting the dataset into train and test (70/30 correspondingly), where the random state is equal to 10, we perform KNNWithMeans algorithm, taking into account the mean ratings of each user, where the parameter k is 5. Next, after computing the Pearson baseline similarity matrix and fitting the train set, we can see the result of our trained model against the test set. The RMSE-based accuracy measure is equal to 1.3436.

B. Model-based collaborative filtering system

These methods are mainly based on the techniques of machine learning and data mining. The aim is to train models so that they can draw conclusions. For instance, we might use current user-item relationships to train a model to predict the top-five products that a customer could perhaps like the most. One benefit of these approaches is that they can suggest a greater number of products to a wider range of users in comparison to other techniques such as memory-based approach. We have such a wide range, even though dealing with big, sparse matrixes (Figure 18).

```
ratings_matrix = new_df1.pivot_table(values='Rating', index='userId', columns='productId', fill_value=0)
ratings_matrix.head()
```

productId	0972683275	1400501466	1400501520	1400501776	14005326
userId					
A0185207227B68UHL5UG	0	0	0	0	0
A0266076X6KPZ6CCHGVS	0	0	0	0	0
A0293130VTX22XA70JQS	5	0	0	0	0
A030530627MK66BD8V4LN	4	0	0	0	0
A0571176384KBRBNKGF80	0	0	0	0	0

Figure 18. Results of sparse matrix

As predicted, the utility matrix above is sparse, and the unknown values are marked as 0. The shape of the matrix is (9832, 76). After transposing this matrix, the shape has changed to (76, 9832). If we compare these two matrices we can see the unique products in this subset of data. The next stage is decomposing the matrix using truncated SVD (singular value decomposition) and then building a correlation matrix on the decomposed matrix. If we choose one product item, correlation for all items with the item purchased by this customer is based on the items rated by other customers' people who bought the same product. Recommending top 25 highly correlated

products in sequence - removes the item already bought by the customer.

Conclusion

Recommendation systems create new opportunities for online retrieval of useful information. This also aims to relieve the big data challenges, which is a very frequent occurrence with knowledge extraction systems, and allows users to access goods and services that are not easily and quickly provided to the system users.

This article describes the two traditional methods of recommendation in terms of their advantages and weaknesses using various types of synthesis methods to enhance their efficiency. Throughout this study the authors have performed research assessments of different stages and methods within the recommender systems. The study has revealed that collaborative the user and user filtering has a higher performance than the other methods as it yields more accurate results than the item-item filtering. However it must be admitted that each method has benefits and drawbacks. Different learning algorithms have been used to develop recommendation models and assessment metrics for evaluating the consistency and efficiency of the recommendation algorithms. The article describes the process of processing the client-received data, in the recommender system. For greater precision the number of iterations will be increased.

The task of creating recommendations is quite easy, we compile a preference matrix with defined figures, as it turns out, we supplement these forecasts with consumer and product details and try to fill in the unknown values. Notwithstanding the simplicity of the formulation, hundreds of articles have been published which explain basically new ways for solving it. For starters, this is attributed to an increase in the selection of data that can be included in the model, as well as an increase in the importance of implicit ratings. Second, the rise of deep learning and the advent of modern neural network architectures adds to the models' difficulty. These findings inspire the authors to develop an action plan for further research in this area.

References

- [1] Rashid AM, Albert I, Cosley D, Lam SK, McNee SM, Konstan JA et al. Getting to know you: learning new user preferences in recommender systems. In: Proceedings of the international conference on intelligent user interfaces; 2002. p. 127–34.
- [2] Schafer JB, Konstan J, Riedl J. Recommender system in e-commerce. In: Proceedings of the 1st ACM conference on electronic commerce; 1999. p. 158–66.
- [3] P. Resnick, H.R. Varian Recommender system's Commun ACM, 40 (3) (1997), pp. 56-58, 10.1145/245108.24512
- [4] Jannach, D., Zanker, M., Felfernig, A., Friedrich, G. (2010). Recommender systems – an introduction. Cambridge: Cambridge University Press.
- [5] Konstan, J., Miller, B., Maltz, D., Herlocker, J., Gordon, L., Riedl, J. (1997). Grouplens: Applying collaborative filtering to usenet news full text. Commission of the ACM, 40(3), 77–87.
- [6] Pazzani, M., & Billsus, D. (1997). Learning and revising user profiles: The identification of interesting web sites. Machine Learning, 27, 313–331.
- [7] Felfernig, A., Friedrich, G., Jannach, D., Zanker, M. (2015). Constraint- based recommender systems. In Recommender systems handbook, pp. 161–190. Springer.
- [8] Felfernig, A., Boratto, L., Stettinger, M., Tkalčič, M. (2018). Group recommender systems: an introduction. Springer.
- [9] Masthoff, J. (2011). Group recommender systems, Recommender Systems Handbook, pp. 677–702.
- [10] Burke, R. (2002). Hybrid recommender systems: Survey and experiments. UMUAI Journal, 12(4), 331–370.
- [11] A.M. Acilar, A. ArslanA collaborative filtering method based on Artificial Immune Network Exp Syst Appl, 36 (4) (2009), pp. 8324-8332
- [12] L.S. Chen, F.H. Hsu, M.C. Chen, Y.C. HsuDeveloping recommender systems with the consideration of product profitability for sellers Int J Inform Sci, 178 (4) (2008), pp. 1032-1048
- [13] M. Jalali, N. Mustapha, M. Sulaiman, A. MamayWEBPUM: a web- based recommendation system to predict user future movement Exp Syst Applicat, 37 (9) (2010), pp. 6201-6212

- [14] S.H. Min, I. Han Detection of the customer time-variant pattern for improving recommender system Exp Syst Applicat, 37 (4) (2010), pp. 2911-2922
- [15] O. Celma, X. Serra FOAFing the Music: bridging the semantic gap in music recommendation Web Semant: Sci Serv Agents World Wide Web, 16 (4) (2008), pp. 250-256
- [16] G. Adomavicius, A. Tuzhilin Toward the next generation of recommender system. A survey of the state-of-the-art and possible extensions IEEE Trans Knowl Data Eng, 17 (6) (2005), pp. 734-749
- [17] G. Murat, G.O. Sule Combination of web page recommender systems Exp Syst Applicat, 37 (4) (2010), pp. 2911-2922
- [18] Mobasher B. Recommender systems. Kunstliche Intelligenz. Special Issue on Web Mining, Bottcher IT Verlag, Bremen, Germany, vol. 3; 2007. p. 41–3.
- [19] M.Y.H. Al-Shamri, K.K. Bharadway Fuzzy-genetic approach to recommender systems based on a novel hybrid user model
- [20] Expert Syst Appl, 35 (3) (2008), pp. 1386-1399

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В РЕКОМЕНДУЕМОЙ СИСТЕМЕ В ЭЛЕКТРОННОЙ КОММЕРЦИИ

Е. АХМЕР

*PhD докторант кафедры
компьютерной инженерии
Международного университета
информационных технологий*

Г.У. БЕКТЕМИСОВА

*Ассоц. профессор кафедры компьютерной
инженерии Международного университета
информационных технологий*

Кафедра вычислительной техники

Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан

Электронная почта: g.bektemisova@iitu.edu.kz

Аннотация. Метод фильтрации незаменим в среде, перегруженной данными. Рекомендуемые системы сделали огромный шаг к этой цели, ускорив работу с клиентами через Интернет. Большинство современных примеров искусственного маркетингового интеллекта известны как контролируемое обучение, которое варьируется от предложения персонализированных конкретных продуктов с определением наиболее ценных маркетинговых стратегий до прогнозирования скорости оттока клиентов или ценности жизни клиентов и создания положительной клиентской базы. Как правило, различные типы хранимой информации используются для настройки различных параметров или результатов поиска, демонстрации наиболее целевой рекламы на главной странице и т. д. Рекомендуемые системы получают прибыль, используя предложения для увеличения продаж. Любая другая система может использовать разные данные из нескольких источников для оценки моделей использования и обнаружения схожих тенденций, которые позволяют прогнозировать будущие покупки или предпочтения клиентов. Он предсказывает интересные закономерности и предоставляет рекомендации на основе модели интересов клиентов. Кажется, с одной стороны, традиционная система рекомендаций, которая предлагает товары на основе различных критериев потребителей или продуктов, таких как цена продукта, информация о пользователе и т. д., но, с другой стороны, мы также рекомендуем системы, включающие глубокое обучение. методов, даже если они еще недостаточно изучены. В этой статье обсуждаются различные процессы, связанные с внедрением рекомендательных систем, и многочисленные рекомендательные подходы, а также анализ этих методов, которые могут использоваться разными учеными в нескольких статьях. Внедрение метода совместной фильтрации и методов фильтрации на основе контента в значительной степени бессмысленно, поскольку большинство интернет-магазинов уже используют гибридные механизмы, которые оказались более эффективными. В нашем исследовании мы также включили преимущества и недостатки каждого подхода. В этой статье также представлены многочисленные трудности и проблемы, с которыми сталкиваются рекомендатели в алгоритмах своих прикладных систем. В этой статье мы сначала представляем несколько наиболее известных типов рекомендуемых систем и концентрируемся на одной части рекомендаций для электронной коммерции, а затем проводим их количественное сравнение. Рекомендательные системы сделали огромный шаг к этой цели, значительно улучшив пользовательский опыт в онлайн-среде.

Ключевые слова: системы рекомендаций, электронная коммерция, фильтрация на основе контента, совместная фильтрация, фильтрация на основе пользователей.

УДК 338.1

BIG DATA IN MODERN BUSINESS



N.A.Naim

assistant at the Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al Khorazmiy, e-mail:nodira343y@mail.ru

N.A.Naim

She graduated from the Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al Khorazmiy. TUIT teacher on the estate of Muhammad al Khorazmiy

Abstract. This article discusses the main ways to use big data technologies in modern business. Also, in what cases can Big data technologies be used in the modern market and why big data is gaining more and more popularity despite the high cost.

Keywords: big data, Hadoop, DB, volume, velocity, variety, marketing.

It's no secret that today the amount of data that needs to be stored and processed is growing exponentially. For example, the amount of data stored on the Internet is increasing by about 40% annually. Interestingly, on the one hand, it is the development of modern information technologies that allows and contributes to the fact that the volume of stored and processed data is constantly growing. On the other hand, working with rapidly growing volumes of a wide variety of data requires more and more resources and more complex software solutions. One of the most modern and rapidly gaining popularity technologies is big data. This term began to be used and quickly gain popularity only 8-10 years ago. And today, the world's largest companies, which occupy leading positions in various areas of business activity, are investing billions of dollars in the development of this area. This article discusses the basic concepts associated with big data technology, why some large companies are ready to invest huge funds in the development of this area, while others are not. What are the most common big data-based solutions on the market today, what are the difficulties and what awaits the rest of the IT market with the advent of new technology.

Literally big data means big data. A more detailed definition can be formulated as follows. Big data is a series of approaches and methods for processing a large volume and a significant variety of data that are difficult to process in conventional ways. The purpose of big data processing is to obtain new information. In this case, the data can be both processed (structured) and fragmented (that is, unstructured). If we talk about the types of data for which the processing methods in question are applicable, then this can be completely different information: documents, blogs, social networks, any client data, or even information about the actions performed by clients. Also information coming from measuring devices, etc. But this is all mostly textual information. In addition, audio and video data, images, etc. can be processed.

Variety (from English variety). The data may not be uniform. That is, they can be fragmented, structured, unstructured or partially structured. And the point is to process different types of data at the same time. Also, to the already considered three V, a fourth is added in different sources. Credibility or credibility (from English veracity). And even the fifth viability or value

(from the English viability or value). In various versions, you can talk about 7V, but three is enough for a basic understanding.

Principles of big data operation Based on the definition of big data, we can formulate three main principles for working with such data: **Horizontal scalability.** Since the amount of data is constantly and rapidly growing and information can be arbitrarily large, the system that involves the processing of this data must be extensible. For example, if the amount of data has grown 2 times, then it should be possible to increase the hardware capacity by 2 times in the cluster and the system will continue to work without performance losses. **Fault tolerance.** The principle of horizontal scalability discussed above implies that there can be many machines in a cluster. For example, at Yahoo, the cluster has over 40,000 machines. At the same time, it is assumed that some of these machines will regularly fail. Big data practices must take into account the likelihood of such failures and keep the system running without any significant consequences.

Data locality. In large distributed systems, the data in use is stored on a large number of machines. But if the data is physically located on one server and processed on another, then the resources required to transfer the data may exceed the costs of processing the data. Therefore, when designing solutions based on big data, one of the most important principles is the principle of data locality, the essence of which is that the data is processed and stored on the same machine.

Features of application and role in modern business Studying the variety of modern technologies for storing and processing data, a logical question arises. What are the methods and approaches called big data invented for? What is unique about this, how can information processed using these technologies be used, and why are companies ready to invest huge amounts of money in the development of big data? First, unlike big data, conventional databases (DBs) cannot store and process such huge amounts of data (hundreds and thousands of terabytes). And it's not even about analytics, but only about data storage. In the classical sense, the database is designed for fast processing (storage, modification) of relatively small amounts of data or for working with a large stream of small records, i.e., a transactional system. With the help of big data, this main task is solved - the successful storage and processing of large amounts of data.

Secondly, in big data, heterogeneous information is structured that comes from various sources (images, photos, videos, audio and text documents) into one single, understandable and acceptable form for further work. Thirdly, in big data, analytics are formed and accurate forecasts are made based on the received and processed information. What is it for and where can it be applied in practice? For clarity and in order to formulate the answer in simple words, let's look at the example of typical business tasks in marketing. Possessing such information as:

- a complete understanding of your company and business, including in terms of statistical information and figures;

- detailed information about competitors;

- new and detailed information about their customers;

- all this will allow you to succeed in attracting new customers, significantly increase the level of service provided to current customers, better understand the market and your competitors, and therefore get ahead by dominating them. Considering the above results that big data can achieve, it explains the desire of companies trying to conquer the market to invest in these modern data processing methods today in order to get increased sales and reduced costs tomorrow. And more specifically, then:

- increase in additional sales and cross-sales due to a better knowledge of customer preferences; - search for popular products and reasons

- why they are bought or vice versa;

- improvement of the provided service or product;

- improving the quality of customer service;

- increasing loyalty and customer orientation;

- fraud prevention (more relevant for the banking sector);

- Reduction of unnecessary expenses. One of the most illustrative and popular examples today, which can be read about in many sources on the Internet, is associated with Apple, which collects data about its users using manufactured devices: phone, tablet, watch, computer. It is because of the presence of such a system that the corporation owns a huge amount of information about its users and subsequently uses it for profit. And there are many such examples today. A brief overview of big data tools Considering the huge volumes of information that need to be stored and processed in the process of work, it should be noted that such manipulations cannot be performed on simple hard drives. And the software that structures and analyzes the accumulated data is a separate intellectual property and in each case is an author's development. At the same time, we can note the most popular tools today, on the basis of which such solutions are created:

- Hadoop & MapReduce;
- NoSQL databases;
- Data Discovery class tools.

An analysis of the features and differences of the listed tools, as well as an overview of solutions that can be offered based on these tools, can be the subject of a separate article. But, as an example, I would like to give a model that, perhaps, is one of the leaders on the market today - this is the Oracle Big Data Appliance X5-2. The estimated cost of such a system in the maximum configuration can reach 30 million rubles per 1 rack. Of course, we are talking about premium industrial systems. Nevertheless, the above example allows us to estimate the order of expenses that will be required for the implementation of such solutions in the company. And this is without taking into account highly specialized specialists and additional IT infrastructure. Therefore, it is not necessary to talk about the use of big data, for example, in small businesses.

Secondly, in big data, heterogeneous information is structured that comes from various sources (images, photos, videos, audio and text documents) into one single, understandable and acceptable form for further work. Thirdly, in big data, analytics are formed and accurate forecasts are made based on the received and processed information. What is it for and where can it be applied in practice? For clarity and in order to formulate the answer in simple words, let's look at the example of typical business tasks in marketing. Possessing such information as:

- a complete understanding of your company and business, including in terms of statistical information and figures;
- detailed information about competitors;
- new and detailed information about their customers;
- all this will allow you to succeed in attracting new customers, significantly increase the level of service provided to current customers, better understand the market and your competitors, and therefore get ahead by dominating them.

Considering the above results that big data can achieve, it explains the desire of companies trying to conquer the market to invest in these modern data processing methods today in order to get increased sales and reduced costs tomorrow. And more specifically, then:

- increase in additional sales and cross-sales due to a better knowledge of customer preferences;
- search for popular products and reasons - why they are bought or vice versa;
- improvement of the provided service or product;
- improving the quality of customer service;
- increasing loyalty and customer orientation;
- fraud prevention (more relevant for the banking sector);
- Reduction of unnecessary expenses. .

Nevertheless, the above example allows us to estimate the order of expenses that will be required for the implementation of such solutions in the company. And this is without taking into account highly specialized specialists and additional IT infrastructure. Therefore, it is not necessary to talk about the use of big data, for example, in small businesses.

References

[1] Alimova F.M., Xaydarova M., Usmonov J., Ta'limda big data va machine learning qo'llanilish tahlili, "Zamonaviy tadqiqotlar, innovatsiyalarning dolzarb muammolari va rivojlanish tendensiyalari: yechimlar va istiqbollari" mavzusidagi Respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy konferensiya, Toshkent – 2021. – B. 241-243.

[2] Алимова Ф.М., Кушманова М.А., Наим Н.А., Перспективы использования больших данных в системе образования, Сборник научных статей VII международной научно-практической конференции. "Big data и анализ высокого уровня". Минск– 2021. – С. 193-196.

[3] Алимова Ф.М., Кушманова М.А., Наим Н.А., Big data в медицине электрон, Сборник научных статей VII международной научно-практической конференции. "Big data и анализ высокого уровня". Минск– 2021. – С.221-223.

БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ В СОВРЕМЕННОМ БИЗНЕСЕ

Н.А. НАИМ

Преподаватель ТУИТ имени

Мухаммада ал Хоразмий.

Аннотация. В данной статье рассматриваются основные способы использования технологий больших данных в современном бизнесе. Также в каких случаях могут применяться технологии Big data современном рынке и почему большие данные все больше набирает популярность несмотря на высокую стоимость.

Ключевые слова. Big data, Nadoop, БД, объем, скорость, многообразие, маркетинг.

УДК 004.048

DEVELOPMENT OF ALGORITHMS FOR INTELLIGENT ANALYSIS OF ECHOCARDIOGRAPHIC DATA



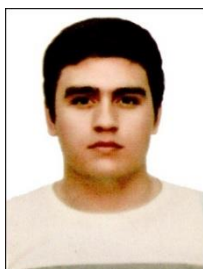
S.B. Dovletova

*TUIT-BSUIR JOINT Faculty of Information Technology
Department of Information and Computer Technologies and Programming
Senior Lecturer*



S.S. Mirzaxalilov

*TUIT-BSUIR JOINT Faculty of Information Technology
Department of Information and Computer Technologies and Programming
Senior Lecturer*



T.Sh. Djurayev

*4th year student of Tashkent Financial Institute,
Faculty of Finance*



N.S. Djurayeva

1st year student at master degree Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi, Faculty of Computer Engineering

*Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi, Republic of Uzbekistan
Tashkent Financial Institute, Republic of Uzbekistan
E-mail: mirzahalilov86@gmail.com, t.djuraev@korzinka.uz*

S.B. Dovletova

Graduated Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi. TUIT-BSUIR JOINT Faculty of Information Technology Department of Information and Computer Technologies and Programming Senior Lecturer.

S.S. Mirzaxalilov

Graduated Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi. TUIT-BSUIR JOINT Faculty of Information Technology Department of Information and Computer Technologies and Programming Senior Lecturer.

T.Sh. Djurayev

4th year student of Tashkent Financial Institute, Faculty of Finance

N.S. Djurayeva

Graduated Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi, 1st year student at master degree

Abstract: Intelligent processing of echocardiogram images for the identification of signs, their classification and automatic diagnostics is one of the most important tasks of modern medicine. As a result, much research is being

done in this area today. The practice of diagnosing a disease based on echocardiographic images or videos is still being explored. This article creates an echocardiogram image database based on articles published in scientific journals and scientific results, based on which HCM and DCM diseases are classified.

Keywords: cardiomyopathy, echocardiogram, deep learning, CNN.

Introduction.

Cardiomyopathy is a disease associated with primary myocardial damage, which includes systemic and functional changes in the heart muscle in the absence of cardiovascular diseases, arterial hypertension, acquired and congenital heart defects.

Hypertrophic cardiomyopathy (HCM) is a thickening of the heart muscle and, as a result, a violation of the pumping function of the heart. Dilated cardiomyopathy (DCM) is a condition in which the heart's main blood vessel, the left ventricle, dilates, preventing the heart from fully pumping blood.

Today, cardiomyopathy is diagnosed in the following ways:

- Blood test;
- X-ray of the chest;
- Electrocardiogram (ECG or ECG);
- Holter monitors;
- Echocardiogram (Echo);
- Stress tests.

The most popular among them is the echocardiogram method. Since it is very difficult to make a diagnosis based on the ECG, often with this disease, the ECG changes are different or can give electrical signals, for example, the heart of a healthy person, which is completely asymptomatic. Because blood work, stress testing, and the use of Holter monitors are time-consuming, echocardiography remains the best method.

Currently, there are two roles for AI in cardiovascular imaging. One is the automation of tasks performed by humans, such as image segmentation, measurement of cardiac structural and functional parameters. The other is the discovery of clinically important insights. Most reported applications were focused on the automation of tasks. Moreover, algorithms that can obtain cardiac measurements are also being reported. In the next stage, AI can be expected to expand and enrich existing knowledge. With the continual evolution of technology, cardiologists should become well versed in this new knowledge of AI and be able to harness it as a tool. AI can be incorporated into everyday clinical practice and become a valuable aid for many healthcare professionals dealing with cardiovascular diseases.

By automating or semi-automating echocardiograms, it is possible to increase the accuracy of diagnostics and improve the quality of medical care. This is why so much research is being done in this area today. In particular, a lot of research is being done on the segmentation of the heart region in order to create a three-dimensional model of it in order to determine its various parameters. Since an echocardiogram is composed of images and videos, we can see in this analysis that the use of deep learning methods is more efficient than machine learning methods. Because CNN systems are adapted to work with images and have shown the highest results among artificial intelligence systems, and video analysis uses a combination of CNN and LSTM. There have been many studies on using the new type of GAN CNNs to highlight parts of the heart and reduce noise in the image, and good results have been achieved. However, fully automated systems that detect diseases rather than simply separating heart parameters have a number of advantages, and the need for such systems has been growing in recent years. Therefore, a number of studies are being carried out in this area.

Another major classification problem is the lack of a database and the size of existing ones. Most echocardiograms are so large that they require a lot of memory to train. among the open access databases to date only EchoNet consists of low resolution videos (112x112) but is not

classified by disease, only EF, ELV, EFV values are given. The video also shows only images of the AP4 heart.

It is known that there are 4 types of echocardiogram, PLAX, AP4, AP2.

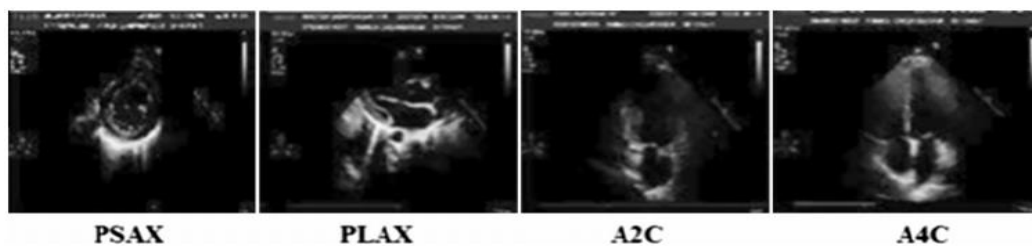


Figure 1. 4 different types of echocardiogram

Currently, using short-axis view the left ventricle is divided in 4 LV wall segments: anterior and posterior septum and posterior and lateral wall. Segments are visualized at mitral and papillary level, whereas the possible extension to the apex is visualized by 4 chamber view. Classical LV hypertrophy cut-off suggestive of HCM in the general adult population is 15 mm. Usually the pattern of LV hypertrophy is asymmetrical, with the anterior septum involved in the majority of cases being also the site of the maximal LV hypertrophy in most patients. In almost 40% of patients, LV hypertrophy involves two segments, whereas the concentric pattern or hypertrophy confined to the apex are particularly uncommon in Western countries (1% each). Recently, it has been demonstrated that mutations in the alpha-cardiac actin gene can express apical HCM or LV non compaction or septal defects. Nevertheless, LV non compaction has to be differentiated from the apical form of HCM.

Hypertrophy preferentially involves the interventricular septum in the basal LV segments, but often extends into the lateral wall, posterior septum and LV apex. Although HCM is typically characterised by asymmetric septal hypertrophy (ASH), almost any myocardial segment may be involved.

The following two-dimensional (2D) echocardiographic criteria are used to aid diagnosis:

1. Unexplained maximal wall thickness >15 mm in any myocardial segment, or
2. Septal/posterior wall thickness ratio >1.3 in normotensive patients, or
3. Septal/posterior wall thickness ratio >1.5 in hypertensive patients.

Results.

In this study, we used videos posted on websites to create a database. First of all, we collected videos with echocardiograms of HCM and DCM from trusted sites. Since most of these videos were educational, they contained a lot of additional material that did not include an echocardiogram that provided information about these two diseases. Therefore, we cut out the time intervals described on the echocardiogram from these videos, which we did in 2-5 seconds. We have also removed all unnecessary characters, notes, and patient information from the cut video clip. Then we split the video fragment into frames. We reduced the size of the selected frame to 112x112. It is worth noting that in the process of removing noise from the cropped video frame, we tried to crop the image of the heart in the video in the form of a square. This is because resizing the rectangular image will affect the quality of the data. This effect may not affect CNN performance in normal images, but it is very important for UZI images because when you turn a rectangular image into a square, the walls of the heart, the shape of the ventricles, and the size of the heart image also change. However, they are the most important factor in making a diagnosis.

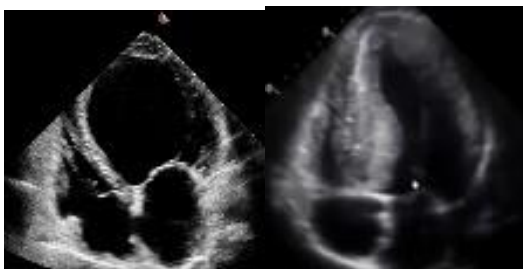


Figure 2. Echocardiogram images

This created a database of 15,000 images. We divided the resulting database into 2 parts, for training and testing. We divided them by a ratio of 9:1. We did this process manually, not automatically. Because when this is done automatically, frames belonging to the same video are more likely to end up in both folders, resulting in a misjudgment of network bandwidth, i.e., classification accuracy will be higher, but the network will overfit. Detailed information about the distribution of images in the database is presented in Table 1.

Today, CNN is an artificial intelligence algorithm that performs image manipulation, classification, cropping and cropping tasks with the highest results. In particular, CNN networks are widely used in telemedicine when analyzing graphic data, including UZI, MRI, MSKT. The most commonly used layers in CNN are input layer, convolution layer, batch normalization layer, RELU layer, fully connected, Softmax, output layer.

In this study, the CNN network was divided into 16 layers using input layer, convolution layer, batch normalization layer, RELU layer, fully connected, Softmax, output layer. For this, special Python 3.0 libraries were used. The parameters of these layers are shown in the table below.

Table 1. Parameters of layers

N	Layer	Parameteres
1	Input	(112, 112, 3)
2	Convolution	Fs-(4,4), Fn-74, S-(2,2), P-(0,0)
3	Batch Normalization	
4	ReLu	
5	Convolution	Fs-(3,3), Fn-4, S-(1,1), P-(same)
6	Batch Normalization	
7	ReLu	
8	Convolution	Fs-(2,2), Fn-16, S-(2,2), P-(0,0)
9	Batch Normalization	
10	ReLu	
11	Convolution	Fs-(3,3), Fn-8, S-(2,2), P-(0,0)
12	Batch Normalization	
13	ReLu	
14	Convolution	Fs-(2,2), Fn-2, S-(1,1), P-(same)
15	Batch Normalization	
16	ReLu	
17	Convolution	Fs-(2,2), Fn-16, S-(2,2), P-(0,0)
18	Batch Normalization	
19	ReLu	
20	Fully Connected	2
21	Softmax	
22	Classification	2

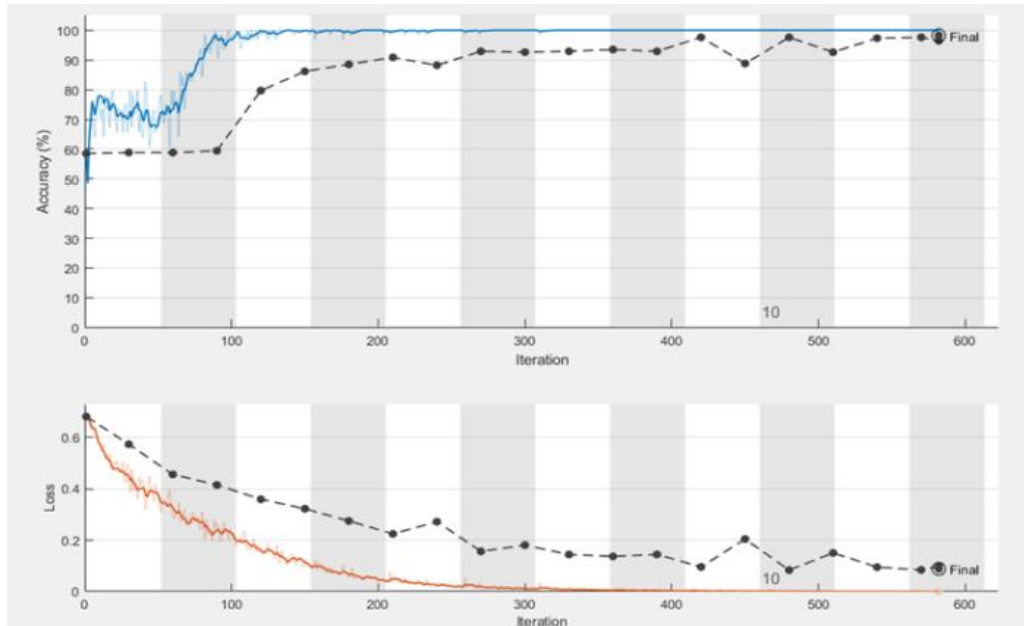


Figure 3. Network learning process

When we trained the network, the classification accuracy of the network reached 98.2%. We then created a configuration matrix to calculate other network parameters. Figure 4 shows the confusion matrix. Using a confusion matrix, we determined sensitivity, specificity, and F1 scores.

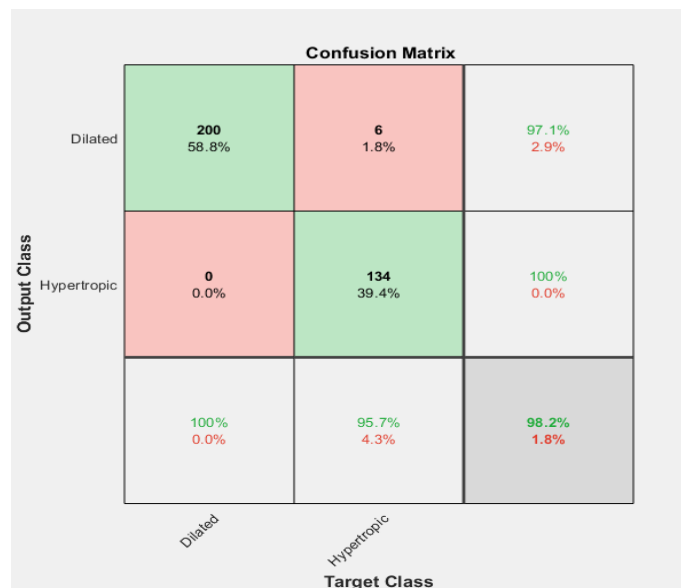


Figure 4. Confusion matrix

For this we used the following formulas:

1. $Sensitivity = \frac{TP}{TP+FN}$;
2. $Specificity = \frac{TN}{TN+FP}$;
3. $Precision = \frac{TP}{TP+FP}$;
4. $F1 - score = \frac{2*Precision*Sensitivity}{Precision+Sensitivity}$;

$$5. Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN}$$

The results obtained are presented in table 2.

Table 2. Values of statistical parameters estimating network accuracy

	Dilated	Hypertropic
Specificity	95,7	100
Sensitivity	100	95,7
Precision	97,1	100
F1-score	98.5	97.8
Accuracy	98.2	98.2

Although the number of DCM images in the database is almost 2.5 times the number of HCM images, we can see that the network sensitivity and F1 score are very close to distinguish between these two classes.

Echocardiogram images are more abstract and incomprehensible, which requires many years of experience and in-depth knowledge from a specialist. In many cases, there are cases of misdiagnosis and death due to lack of skills. Thus, the automation of echocardiographic analysis through the use of artificial intelligence systems in this process increases the accuracy of diagnosis, saves the lives of patients and allows timely and accurate diagnosis of the disease. Many programs developed to date have made semi-automated echocardiography possible. Solving the problem of automatic classification of cardiomyopathy based on ultrasound images is a very complex issue, and today there are more than 14 types of cardiomyopathy. But the most common type in the population is HCM, a life-threatening disease. For this reason, algorithms have been developed to detect this type of cardiomyopathy early or distinguish it from other types of cardiomyopathy.

Conclusion

In this study, a database of echocardiogram images was created based on videos collected from reliable sources on the Internet, and HCM and DCM diseases were classified on this basis. At the same time, the classification accuracy reached 98.2%.

References

- [1] David Verhaert, Ruvin S. Gabriel, Douglas Johnston, Bruce W. Lytle, Milind Y. Desai, Allan L. Klein, Advances in cardiovascular imaging, J. Am. Heart Assoc. (2010).
- [2] J.D. Thomas, Z.B. Popovic, Assessment of left ventricular function by cardiac ultrasound, J. Am. Coll. Cardiol. 48 (10) (2006) 2012–2025.
- [3] R. Chacko, M. Singh, Sequential functional analysis of left ventricle from 2D-echocardiography images, Indian J. Exp. Biol. 52 (6) (2014) 630–636.
- [4] A. Mohanapreethi, Dr V. Srinivasa Raghavan, Performance evaluation of various filtering techniques for speckle suppression in ultrasound images, Int. J. Res. Advent Technol. 2 (4) (2014).
- [5] S. Sudha, G.R. Suresh, R. Sukanesh, Speckle noise reduction in ultrasound images by wavelet thresholding based on weighted variance, Int. J. Comput. Theory Eng. 1 (1) (2009) 1793–8201.
- [6] B. Kohler, R. Gasteiger, U. Preim, H. Theisel, M. Gutberlet, B. Preim, SemiAutomatic vortex extraction in 4D PC-MRI cardiac blood flow data using line predicates, IEEE Trans. Visualization Comput. Graphics 19 (12) (2013) 2773– 2782.
- [7] Maria-Aydee Sanchez-Santana et al., A tool for telediagnosis of cardiovascular diseases in a collaborative and adaptive approach, J. Universal Comput. Sci. 19 (9) (2013) 1275–1294.
- [8] L. Bertelli, R. Cucchiara, G. Paternostro, A. Prati, A semi-automatic system for segmentation of cardiac M-mode images, Pattern Anal. Appl. 9 (4) (2006) 293– 306. [9] A. Suphalakshmi, P. Anandhakumar, Automatic segmentation of echocardiographic images using full causal hidden markov model, Eur. J. Sci. Res. (2009) 585–594
- [9] R. Nasimov, B. Muminov, S. Mirzahalilov and N. Nasimova, "A New Approach to Classifying Myocardial Infarction and Cardiomyopathy Using Deep Learning," 2020 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), 2020, pp. 1-5, doi: 10.1109/ICISCT50599.2020.9351386.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ЭХОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ ДАННЫХ

С.Б. ДОВЛЕТОВА

*Старший преподаватель кафедры
информационно-компьютерных технологий и
программирования факультета совместных
информационных технологий ТИТУ-БГУИР*

С.С. МИРЗАХАЛИЛОВ

*Старший преподаватель кафедры
информационно-компьютерных технологий и
программирования факультета совместных
информационных технологий ТИТУ-БГУИР*

Т.Ш. ДЖУРАЕВ

*Студент 4 курса Ташкентского Финансового
Института, финансовый факультет*

Н.С. ДЖУРАЕВА

*Студент 1 курса магистратуры Ташкентский
университет информационных технологий
имени Мухаммада ал-Хоразмий*

*Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий, Республика
Узбекистан*

Ташкентского Финансового Института, Республика Узбекистан

E-mail: mirzahalilov86@gmail.com, t.djuraev@korzinka.uz

Аннотация: Интеллектуальная обработка изображений эхокардиограммы для выделения признаков, их классификации и автоматической диагностики - одна из важнейших задач современной медицины. В результате сегодня в этой области проводится много исследований. Практика диагностики заболевания на основе эхокардиографических изображений или видео все еще изучается. В этой статье создается база данных изображений эхокардиограммы на основе статей, опубликованных в научных журналах, и научных результатов, на основании которых классифицируются заболевания HCM и DCM.

Ключевые слова: кардиомиопатия, эхокардиограмма, углубленное обучение, CNN.

УДК [543.429.23+616-006.385]: 004.891.2

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ЭКСТРАКЦИИ ГОЛОВНОГО МОЗГА ПРИ СЕГМЕНТАЦИИ ШВАННОМ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ МР-ТОМОГРАФИИ



О.С. Спиридонова
системный аналитик
ООО "HiQo-Solutions"



О.Л. Яблонский
доцент, кандидат физ-мат наук.
системный аналитик ООО "HiQo-Solutions"

ООО "HiQo-Solutions"
E-mail: olga.spiridonova@gmail.com

О.С. Спиридонова
Работает в HiQo-Solutions в должности системного аналитика.

О.Л. Яблонский
Доцент. Кандидат физ-мат наук. Работает в HiQo-Solutions в должности системного аналитика.

Аннотация. Экстракция головного мозга имеет важное значение при дальнейшей обработке изображений МР-томографии в нейроонкологии. Однако, существующие алгоритмы экстракции позволяют работать только с изображениями головного мозга без патологий. Применение данных алгоритмов на изображениях с различными патологиями приводит к тому, что зона интереса не включается в финальное изображение после экстракции. В данной работе описан результат проведения сегментации шванном, с проведением предварительной экстракции головного мозга с помощью нейросетевого алгоритма HD-BET.

Ключевые слова: головной мозг, сегментация изображений, магниторезонансная томография, сверточные нейронные сети.

Введение.

Экстракция головного мозга на медицинских изображениях, процесс отделения структур головного мозга от структур, не относящихся к нервной системе, является предварительным, но важным шагом во многих нейровизуализационных задачах. Точность экстракции мозга может иметь существенное влияние на качество дальнейшей обработки изображения, сегментации пораженных участков. Ручной метод является золотым стандартом при экстракции головного мозга, однако этот метод очень трудозатратный и требует большого количества времени [1]. Искусственные нейронные сети в последнее время успешно применяются во множестве задач сегментации медицинских изображений. В связи с этим несколько подходов, основанных на нейросетевых алгоритмах, были предложены для повышения точности предварительной экстракции головного мозга. Однако они имели ряд ограничений, - были обучены на выборках, содержащих только нормальные изображения головного мозга, без патологий. Также при обучении использовались изображения МР-томографии, полученные на сканере одного производителя. Искусственная нейронная сеть HD-BET учитывает все эти ограничения и показывает лучшие результаты при экстракции головного мозга.

Материалы и методы.

В исследование были включены 292 пациента с новообразованиями головного мозга –

шванномами. Шваннома — это опухоль, которая возникает из шванновских клеток оболочки нерва. МРТ проводилось на высокопольном (1.5 Тесла) МР-сканере в режиме T1-w. Предварительно перед сегментацией шванном проводилась экстракция головного мозга с помощью сверточной нейронной сети HD-BET. Архитектура HD-BET построена на основе сверточной нейронной сети 3dU-NET. HD-BET была обучена с использованием данных МРТ из большого многоцентрового клинического исследования у взрослых пациентов с опухолью головного мозга, полученных в 37 учреждениях Европы, и включала исследования с различными патологиями головного мозга и изменениями тканей, вызванных лечением. Кроме того, было проведено независимое тестирование HD-BET на трех общедоступных наборах данных (NFBS, LPBA40 и CC-359) [2]. В обучающую выборку включались исследования, полученные на аппаратах разных производителей. HD-BET была обучена с использованием изображений, полученных в разных режимах (T1, T2, FLAIR). Далее, с помощью нейронной сети U-NET проводилась сегментация опухоли. В качестве метрики качества был выбран коэффициент Соренсена – Дайса. Коэффициент Соренсена – Дайса является стандартной метрикой качества при оценке результатов сегментации на изображениях и измеряет степень пространственного перекрытия между двумя бинарными изображениями, истинной маской (GT) и предсказанной маской головного мозга (PM) [3].

Результаты.

Обучение нейросети U-Net проводилось на исходных изображениях, а также на изображениях с предварительной экстракцией головного мозга. На рисунке 2 представлены изображения до и после экстракции головного мозга, истинная маска для шванномы.

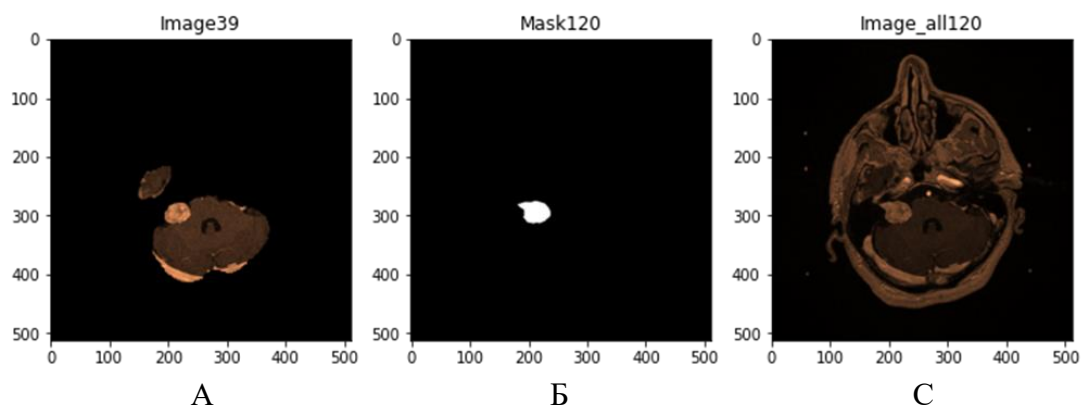


Рисунок 1. Изображения для обучающей выборки (А- изображение после экстракции, Б- истинная маска, С-исходное изображение)

В результате обучения коэффициент Дайса был выше для нейросети обученной на изображениях с экстракцией головного мозга. Однако для двух серий изображений при экстракции головного мозга область шванномы при предварительной экстракции не попадала в зону интереса, что привело к появлению ошибок в истинных масках для шванном.

Заключение.

Проведение предварительной экстракции головного мозга при сегментации опухолей на изображениях МР-томографии значительно увеличивает метрику качества, за счет уменьшения сложности структур на изображении. Однако, если опухоль имеет небольшие размеры, то при проведении экстракции она может не попасть в зону интереса. Таким образом, при сегментации новообразований маленьких размеров, а также метастазов необходим ручной контроль качества истинных масок обучающей выборки.

Список использованных источников

- [1] Review of MRI-based Brain Tumor Image Segmentation Using Deep Learning Methods/ R.A. Aliev, W. Pedrycz, M. Jamshidi, J. Kacprzyk, I.B. Turksen// 12th International Conference on Application of Fuzzy Systems and Soft Computing, ICAFS 2016, 29-30 August 2016, Vienna, Austria.
- [2] Automated brain extraction of multi-sequence MRI using artificial neural networks/ Philipp Kickingeder// Hum Brain Mapp. 2019 Dec 1; 40(17): 4952–4964.

APPLICATION OF PRELIMINARY BRAIN EXTRACTION IN SCHANNOMA SEGMENTATION ON MR-TOMOGRAPHY IMAGES

O.S. SPIRIDONOVA

Systems Analyst "HiQo-Solutions"

O.L. YABLONSKI,

*Ph. D of Physical and Mathematical Sciences
Systems Analyst "HiQo-Solutions"*

"HiQo-Solutions"

Belarusian State Medical University, Republic of Belarus

E-mail: olyasprdnv@gmail.com

Abstract. Brain segmentation is essential for further processing of MRI images in neurooncology. However, the existing extraction algorithms allow working only with brain images without pathologies. The use of these algorithms on images with various pathologies leads to the fact that the area of interest is not included in the final image after extraction. This paper describes the result of schwannoma segmentation with preliminary brain extraction using the HD-BET neural network algorithm.

Keywords: brain, image segmentation, magnetic resonance imaging, convolutional neural networks.

УДК 004.932

СПОСОБЫ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОПЕРАТОРОВ



А.И. Онгарбаева
докторант ЕНУ, Казахстан



Ж.Ж. Ахметова
заместитель декана
факультета информационных
технологий ЕНУ, PhD, и.о.
доцента, Казахстан



Д.В. Лихачевский
декан компьютерного
проектирования к.т.н.,
доцент БГУИР, Беларусь



А.А. Шарипбаев
академик Международной академии
информатизации, доктор технических наук
ЕНУ, Казахстан



А.В. Чураков
к.т.н., доцент БГУИР, Беларусь

Евразийский национальный университет имени Л. Н.Гумилева, Республика Казахстан
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь
E-mail: Gera_002@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрены этапы истории возникновения медицинской визуализации, проведен анализ математических подходов с применением операторов, изложены современные алгоритмы обработки медицинских изображений

Ключевые слова: сегментация, медицинские изображения, оператор Робертса, оператор Собеля, обработка изображений

Введение.

Медицинская визуализация - технология, используемая для получения изображений анатомических структур для медицинских исследований с целью диагностики и изучения патологии. Во всех клиниках ежедневно проводятся большое количество КТ и МРТ исследований. Медицинская визуализация быстро развивается благодаря созданию инновационных методов и алгоритмов обработки изображений, включая распознавание и анализ изображений. Интеллектуальная медицинская визуализация с аппаратным ускорением успешно интегрируется во все направления биоинженерных и медицинских наук

Обработка медицинских изображений включает в себя множество типов методов и операций, таких как получение изображений, их хранение, представление и обмен

данными. Изменения размера изображения, например увеличение при использовании определенных алгоритмов обработки могут быть более детально сохранены и использованы в дальнейшей работе. Есть множество последовательных действий, которые благодаря аппаратному ускорению выполняются в 2D и 3D- изображениях, и позволяют одновременно обрабатывать и анализировать сканы снимков в нескольких измерениях. Исследования в области обработки медицинских изображений были начаты в 1960 годах. Эти методы использовались в различных сферах: в космических исследованиях, в клинических исследованиях в области медицины, в целях улучшения телевизионного изображения. Важнейшим этапом развития медицинской визуализации можно считать 1895 год, когда профессор Вильгельм Конрад Рентген сделал первый рентгеновский снимок руки своей жены и назвал это открытие "рентгеновскими лучами".

Это изобретение в конечном итоге было стандартизировано Ульямом Кулиджем. Его устройство и метод получения рентгеновского снимка стал известен, как "трубка Кулиджа" и требовал не менее 11 минут воздействия, на этом были основаны все рентгенологические методы исследований. В настоящее время рентген исследования занимают всего несколько секунд и используют около 2 % количества излучения. В начале 1960-х годов ученые обнаружили, что звуковые волны, посылаемые в тело, отражаются от внутренних структур, затем возвращаются в ультразвуковой аппарат для преобразования в изображения. Это позволило врачам неинвазивно диагностировать различные повреждения и новообразования. В 1970-е годы Годфри Хаунсфильд изобрел первый аппарат названный аксиальным томографом, который теперь известен как компьютерный томограф. По мнению самого изобретателя получился аппарат превосходивший существовавшие в то время рентгеновские устройства ровно в 100 раз. Началом основания магнитно-резонансной томографии (МРТ) принято считать 1973 год и она была названа магнитно-резонансной томографией, а не ядерно-магнитной резонансной томографией (ЯМРТ) из-за негативных ассоциаций со словом "ядерный".

Материалы и методы.

Существует множество концепций и подходов для структурирования методов и алгоритмов обработки медицинских изображений, которые сосредоточены на различных аспектах их основных областей представленных на рисунке 1.



Рисунок 1. Этапы обработки медицинских изображений

Существует множество концепций и подходов для структурирования методов и алгоритмов обработки медицинских изображений, которые сосредоточены на различных аспектах их основных областей, представленных на рисунке 1.

Для реализации данных этапов обработки медицинских изображений и высокой производительности разрабатываемой технологии необходимо рассмотреть следующие основные процессы - формирование изображения, вычисление изображений и управление изображениями

Процесс формирования изображения состоит из этапов сбора данных и

восстановления изображений, которые улучшают интерпретируемость реконструированного изображения и извлекают из него клинически значимую информацию из области интереса.

Вычисление изображений – вычислительные и математические методы, используемые для улучшения, анализа и визуализации результатов. Последним этапом является управление изображениями, которое имеет дело со сжатием, архивированием, поиском и передачей полученных изображений и полученной информации в определенном формате.

Проанализированы современные методы обработки медицинских изображений и простейшем методом их обработки является гистограмма. Данный метод в градациях серого учитывает основной тип изображений, которые используются для оценки и улучшения. Практически метод является схемой, которая показывает значение пикселей, а не их расположение. Среднее значение пикселя получается из гистограммы путем суммирования полученных значений пикселей и согласованной высоты бина и деления на все количество пикселей. Выравнивания гистограммы используется для сравнения множества изображений, полученных на определенных основаниях. Этот метод работает путем изменения гистограммы, чтоб она стала гладкой, идентичной и сбалансированной.

Среднее значение яркости центрального пикселя соответствует идеальной яркости. Любая интенсивность выше или ниже делает изображение темнее или ярче. Отношение сигнал / шум (SNR-signal – to - noiseratio) изображения используется для связывания уровня ожидаемого сигнала с уровнем контекстного сигнала. Отношение сигнал / шум (SNR) определяется как отношение интенсивность сигнала к интенсивности шума. Средняя интенсивность изображения выражается как квадрат среднего значения пикселя.

$$SNR = \frac{P_{signal}}{P_{noise}}$$

где P – средняя мощность

Известны методы улучшения изображения, используемые для улучшения качества и восприятия изображения с помощью различных программных продуктов. Однако эти методы включают как объективные, так и субъективные улучшения. Эти технологии включают в себя локальные операции по улучшению изображений. Локальные операции зависят от значений входных пикселей. Улучшение изображений бывает двух типов: методы пространственной области и методы преобразования. Пространственные методы работают непосредственно на уровне пикселей, тогда как метод преобразования работает по закону Фурье, а затем и по пространственному методу.

Сегментация изображения - метод разделения изображения на множество частей. Основная цель этого разделения - облегчить анализ и интерпретацию изображений с сохранением качества. Этот прием также используется для отслеживания границ объектов на изображениях. Метод сегментации маркирует пиксели в соответствии с их интенсивностью и характеристиками. Части представляют собой исходное изображение и приобретают такие характеристики, как интенсивность и сходство. Техника сегментации изображения используется для создания трехмерного контура тела в клинических условиях. Сегментация используется в машинном восприятии, анализе злокачественных заболеваний, объемах тканей, анатомическом и функциональном анализе, технологии визуализации виртуальной реальности и анализе аномалий, а также определений и обнаружений объектов. Она имеет два вида, первый вид - локальная сегментация, которая связана с разделением изображений на мелкие части внутри изображений, второй вид - глобальная сегментация, которая занимается сборкой этих разделов [1].

Сегментация изображения работает тремя способами: областью, границей и краем. Метод области используется для проверки изображений и класса области соседних пикселей. Сегментация с пороговым значением использует гистограмму и пороговое значение пикселей. Методы краев изображения используются для анализа изображений на границах или прерываниях. В эти методы включены операторы Робертса, Превитта и Собеля.

Данные методы основываются на яркости разрывности. Поиск разрывов является обработкой медицинских изображений с помощью скользящей маски, которая называется фильтром, ядром, окном или шаблоном и представляет некую квадратную матрицу, соответствующую группе пикселей исходного изображения. Оперирование матрицей в каких-либо локальных преобразованиях называется пространственной фильтрацией [2].

На пространственной фильтрацией перемещаются маски фильтра от точки до точки изображения, в точке (x,y) фильтр вычисляется суммой произведения коэффициентов фильтра на соответствующие значения пикселей в области, покрытой маской фильтра. Отклик (результат) линейно пространственной фильтрацией - R для маски 3×3 элемента в точке (x,y) изображения составит:

$$R = w(-1, -1)f(x - 1, y - 1) + w(-1, 0)f(x - 1, y) + \dots + \\ + w(0, 0)f(x, y) + \dots + w(1, 0)f(x + 1, y) + \\ + w(1, 1)f(x + 1, y + 1)$$

Формула показывает сумму произведения коэффициентов маски на значения пикселей непосредственно под маской. Заметим, что коэффициент $w(0,0)$ стоит при значении $f(x,y)$, указывая тем самым, что маска центрирована в точке (x,y) .

Вычисление цифрового изображения основано на различных дискретных приближениях двумерного градиента. По определению, градиент изображения f в точке (x,y) - это вектор

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix}$$

Известно из курса математического анализа, что направления вектора градиента совпадает с направлением максимальной скорости изменения функции f в точке модуль вектора:

$$|\nabla f| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

Величина равна максимальной скорости изменения функции значению f в точке (x,y)

Рассмотрим оператор Робертса – данный метод используется для определения разницы между двумя близкими пикселями. Этот метод позволяет находить края на изображениях с высоким уровнем шума и вычисляется с использованием производной первого порядка и перекрестного оператора градиента:

$$\frac{df}{dx} = f(x, y) - f(x + 1, y + 1)$$

$$\frac{df}{dx} = f(x + 1, j) - f(x, y + 1)$$

Производную можно применить к двум матрицам 2 x 2. В этой ситуации маски Робертса рассчитываются:

$$G_x = |-1 0 0 1| \quad \text{и} \quad G_y = |0 - 1 1 0|$$

Оператор Превитта точнее, чем оператор Робертса [3]. Предположим, что матрица имеет расположение пикселей [i,j]

$$|a_0 a_1 a_2 a_7 |i,j| a_3 a_6 a_5 a_4 |$$

Производная вычисляется по формуле:

$$G_x = (a_2 + ca_3 + a_4) - (a_0 + ca_7 + a_6)$$

где с является константой и выражает пиксели. Когда с=1, то ядро Превитта вычисляется по формуле:

$$G_x = |-1 - 1 - 1 0 0 0 1 1 1| \quad \text{и} \quad G_y = |-1 0 1 - 1 0 1 - 1 0 1|$$

Оператор Собеля выражена как матрица 3 x 3 к первой производной[4]. Метод рассчитывается, как показано в уравнениях:

$$G_x = (a_2 + 2a_3 + a_4) - (a_0 + 2a_7 + a_6)$$

$$G_y = (a_6 + 2a_5 + a_4) - (a_0 + 2a_1 + a_2)$$

Маски оператора Собеля следующие:

$$G_x = |-1 - 2 - 1 0 0 0 1 1 1|$$

$$G_y = |-1 0 1 - 2 0 2 - 1 0 1|$$

Результаты.

Результаты сегментации КТ скана мягкотканых структур глазных орбит при экзофтальме с метками очагов интересас использованием оператора Робертса (Рис.2) и оператора Собеля (Рис.3)в Mevislab.

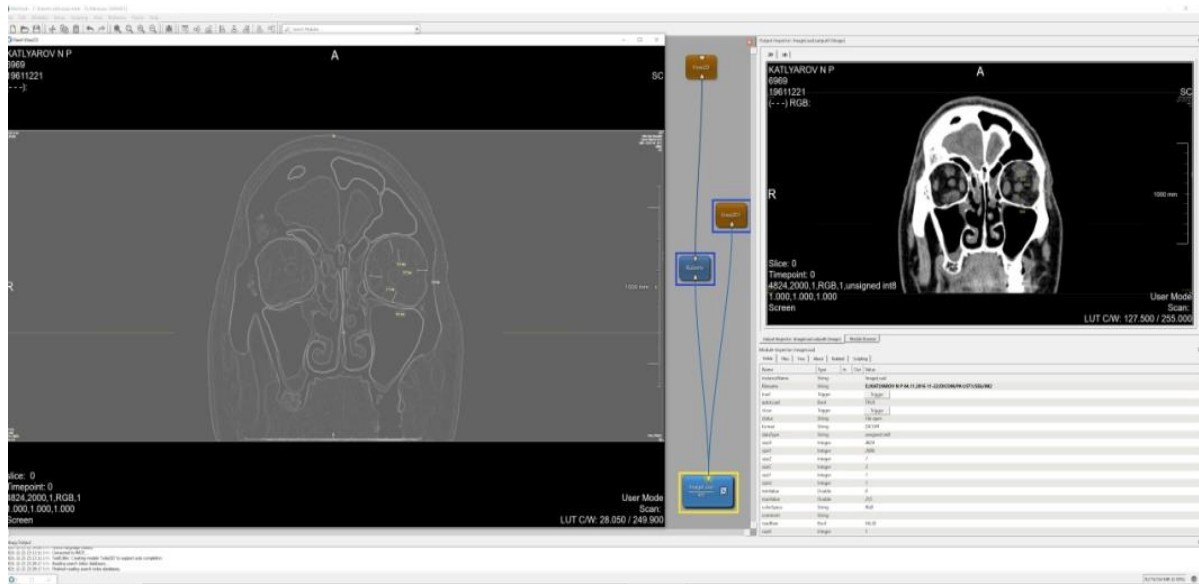


Рисунок 2. Оператор Робертса

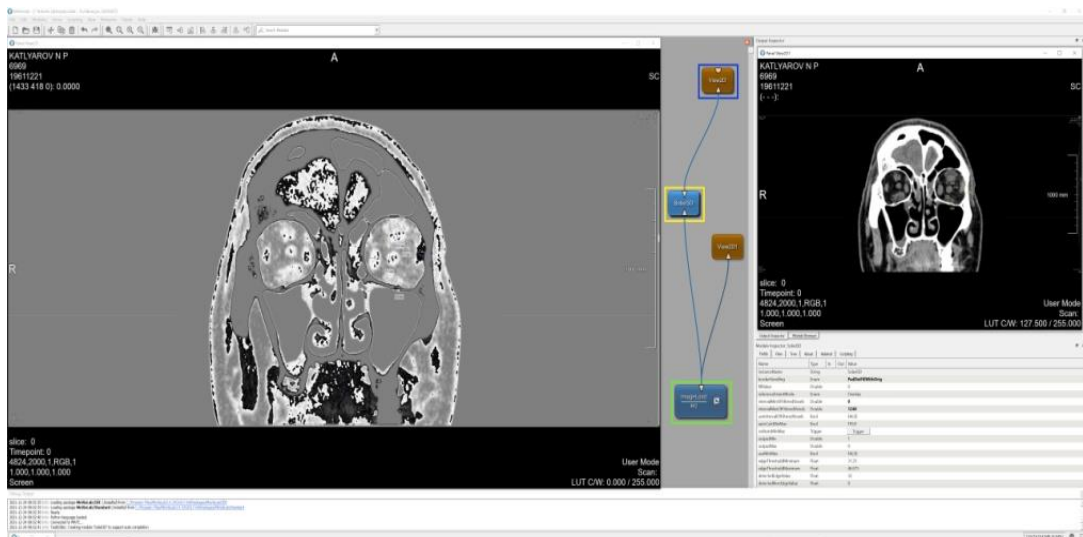


Рисунок 3. Оператор Собеля

Заключение.

На основании проведенной работы, сделаны следующие выводы:

- 1) Для повышения устойчивости сегментации к шумам в процессе обработки используются специальные фильтры с операторами
- 2) Метод Собеля эффективней в шумоподавлении и используется в методах функциональной визуализации
- 3) Применение данного математического подхода для сегментации позволит решить многие задачи обработки медицинских изображений

Список использованных источников

- [1] Тропченко, А. А. Методы вторичной обработки и распознавания изображений : учеб. пособие / А. А. Тропченко, А. Ю Тропченко. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – С. 11-35
- [2] Федотов, А. А. Основы цифровой обработки биомедицинских изображений: учеб. пособие / А. А. Федотов. – СГАУ: Самарский государственный аэрокосмический университет, 2013. – С.47-98

- [3] Pavlids T. Algorithms for Graphics and Image Processing . – N.Y. : Springer.-1982. – 320 p.
[4] Jähne B., Scharf H., Körkel S. Principles of filter design /B. Jähne, H. Scharf, S. Körkel //Handbook of Computer Vision and Applications :- Academic Press, 1999.-206 p.

MEANS OF REALIZATION OF METHODS AND ALGORITHMS FOR PROCESSING MEDICAL IMAGES USING OPERATORS

A.I. ONGARBAYEVA
PhD student ENU , Kazakhstan

ZH.ZH. AKHMETOVA
Deputy Dean of the Faculty of Information Technologies of ENU, PhD, Acting Associate Professor, Kazakhstan

D.V.LIKHACHEVSKY
Dean of Computer Engineering, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of BSUIR, Belarus

A.A. SHARIPBAYEV
Academician of the International Academy of Informatization, Doctor of Technical Sciences ENU, Kazakhstan

A.V.CHURAKOV
Associate Professor of BSUIR, Belarus

*L. N.Gumilyov Eurasian National University, Republic of Kazakhstan
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus
E-mail: Gera_002@mail.ru*

Abstract. The article considers the basics of the history of medical imaging, analyzes mathematical approaches using operators, and outlines modern algorithms for processing medical images

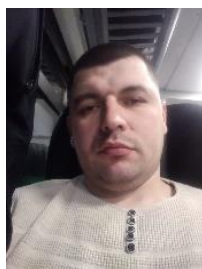
Keywords: segmentation, medical images, Roberts operator, Sobel operator, image processing.

УДК [611.018.51+615.47]:612.086.2

BIG DATA В ОБРАЗОВАНИИ: ЭРГОНОМИКА



Т.В. Казак
заведующий кафедрой
инженерной психологии и
эргономики,
доктор психологических наук
Республики Беларусь,
доктор психологических наук
Российской Федерации,
член-корреспондент
Международной академии
психологических наук,
профессор



Р.А. Голованов
магистрант кафедры
инженерной психологии и
эргономики



А.Н. Василькова
магистрант кафедры
инженерной психологии и
эргономики

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск,
Республика Беларусь
E-mail: a.vasilkova@bsuir.by

Аннотация. Образовательная система непрерывно создает и накапливает значительный объем данных, и вопрос о системной работе с этими данными широким кругом субъектов образования сегодня можно назвать одним из значимых. Большие данные (Big Data) являются мощным инструментом для преобразования обучения, переосмысления подходов, сокращения давних пробелов и адаптации опыта для повышения эффективности самой образовательной системы. Весьма актуальной остается задача описания технологии оперирования большими данными, направленная на развитие образовательных систем через выявление сформированных закономерностей в системе образования. Оперативно реагировать на любые изменения процесса обучения возможно, получая и анализируя данные на автоматизированном уровне, что позволяет достигнуть гибкости, масштабируемости, доступности, безопасности, конфиденциальности и простоты использования учебной информации. Возможности BigData используются для совершенствования качества образовательной деятельности.

Ключевые слова: большие данные, возможности Big Data, образовательные системы.

Введение.

Эргономика вносит определенный вклад в осуществление многоплановой и долгосрочной программы перехода от техники безопасности к безопасной технике. Человек, машина и среда рассматриваются в эргономике как сложное, функционирующее целое, в котором ведущая роль принадлежит человеку. Сочетание способностей человека и возможностей машины существенно повышает эффективность управления техническими системами.

Цель эргономики как техники – оптимизация условий труда. Эргономика и научная организация труда представляют две самостоятельные, но органически взаимосвязанные сферы научной и практической деятельности. Использование достижений эргономики позволяет более эффективно решать современные задачи охраны труда.

Важное значение для эргономики имеет установление тесных связей с психогигиеной,

которая разрабатывает научные основы оздоровительных мероприятий в отношении психического здоровья людей с целью профилактики заболеваний. Комплексное изучение условий труда, гигиеническая оценка новых технологических процессов и оборудования, психофизиологические исследования определенных видов труда, дальнейшая разработка научно обоснованных мер борьбы с монотонией, гиподинамией и гипокинезией – все это позволяет полнее использовать достижения научно-технического прогресса для оздоровления условий труда.

Многоплановый учет психологических особенностей деятельности и когнитивных процессов при оценке эргономических характеристик интерфейса позволяет упорядочить этап создания и модификации инженерной разведывательной машины (ИРМ) и обеспечить: высокую результативность и безошибочность выполнения задачи, эффективность (соотношение результативности и затраченных трудовых ресурсов) и субъективную удовлетворенность пользователя процессом труда.

Основная часть.

Оперирование большими данными (Big Data) в образовании - это технология аналитики образовательной системы, включающей измерение, сбор, анализ и представление структурированных и неструктурированных данных огромных объемов об обучающихся и образовательной среде с целью понимания особенностей функционирования и развития образовательной системы [5].

Исторически система образования накопила значительный объем данных. Вопрос о том, как доступно начать обрабатывать большой объем данных, снимается благодаря появлению и расширенному использованию информационно-коммуникационных технологий.

В сфере образования выделяются пять основных типов данных:

- персональные данные;
- данные о взаимодействии студентов с электронными системами обучения (электронными учебниками, онлайн-курсами);
- данные об эффективности учебных материалов;
- административные (общесистемные) данные;
- прогнозные данные.

На основе анализа множества подходов и моделей в своих выступлениях И. Д. Фрумин выделяет три крупных направления Big Data [3]:

- 1) связанные с мышлением (прежде всего критическим и креативным мышлением);
- 2) связанные со взаимодействием с другими (коммуникация и коллаборация);
- 3) связанные со взаимодействием с самим собой (саморегулирование, рефлексивность и самоорганизация).

Результаты аналитики в данных направлениях наиболее ценны, когда выявляют аномальные и пограничные состояния образовательной системы. Меры регулирования как реакция на отрицательные состояния наиболее полезны для работы по развитию образовательной системы.

Существенная роль педагога сохранится еще долгое время, если не навсегда, и никакая информационная система не заменит Пифагора. Интеллектуальные системы, работающие на уровне лучшего педагога, в будущем будут доступны в любой образовательной организации. Тогда удастся преодолеть понятие образовательного неравенства, сократить барьеры обучения для людей с ограниченными возможностями.

Big Data помогают обработать опыт тысяч преподавателей и студентов, на основе анализа получить эффективную методику.

В чём роль педагога? Педагог умеет объяснять и получать обратную связь. Компьютер не может отследить реакцию ученика, не обладает той магией, когда педагог по глазам обучающегося видит, прояснилось в их головах полученная информация или нет,

понимают они ее или нет. Кроме того, педагог создаёт эмоциональный фон и мотивацию обучения. Большие данные, как и любая технология в образовании, не избавляют педагога от эмпатии и взаимодействия с обучающимся, способность человека сопереживать и мотивировать всегда важна, а компьютерам такая функция недоступна. Их преимущество в том, что они помогают сделать из преподавателя суперпреподавателя. С помощью больших данных можно делать, условно говоря, три важные вещи: создавать методики, адаптированные под большое количество студентов; персонализировать контент; подбирать режим обучения.

Психофизиологические факторы.

Как правило, основной целью обучения студентов является получение знаний, умений и навыков достаточных для дальнейшего применения их на практике. При этом следует помнить, что в процессе обучения для сохранения жизни и здоровья обучающихся, они обязаны чётко знать и соблюдать правила требований безопасности. Именно ценность их жизни должна проходить основной нитью в процессе их обучения и воспитания. Мероприятия, осуществляемые, в повседневной деятельности, являются залогом успешного выполнения стоящих перед ними задач [4].

Психофизиологические факторы:

- тяжесть и напряженность труда (статическая и динамическая физическая нагрузка, рабочая поза, напряженность зрения, длительность сосредоточения наблюдения, число важных объектов наблюдения, темп работы, число информационных сигналов, монотонность, режим труда и отдыха, нервно-эмоциональная нагрузка);

- соответствие психофизиологических возможностей человека, индивидуальных особенностей его организма характеру выполняемой работы (антропометрические особенности, скорость и точность реакций, устойчивость внимания, личностные качества и др.);

- профессиональная подготовленность работников (обученность, освоение безопасных приемов труда, знание правил и инструкций по охране труда);

- применение средств индивидуальной защиты, выполнение требований инструкций по охране труда и технологической документации;

- соблюдение учебной, трудовой и производственной дисциплины.

Эргономическое образование

Эргономическое образование находится на стыке инженерии, медицины, психологии и управления. В процессе обучения будущие специалисты приобретают знания из различных наук – техники, системного анализа, математической статистики, психологии, анатомии и психофизиологии человека. Сбалансированная последовательность многопрофильных дисциплин помогает сформировать новое качественное представление о сути происходящего в окружающем мире.

Предметом эргономики является человеческий фактор, который в основном определяет эффективность и риски любых человеко-машинных систем. Снижение рисков – проблема социальная и, естественно, её решение имеет самый высокий рейтинг. Эргономика для инженера так же важна, как знание иностранного языка, как компьютерная грамотность.

Эргономист – одна из наиболее востребованных современных профессий на стыке многих специальностей. Знания и умения в этой области позволяют оптимизировать орудия, условия и процесс труда, тем самым обеспечивать безопасность, эффективность и комфортность труда. Повышение эргономичности производства увеличивает его прибыль и конкурентоспособность продукта. Эргономика в значительной степени определяет технологическую культуру производства. Развитие информационных технологий дало мощный толчок развитию эргономики и определило необходимость подготовки инженерных кадров и востребованность эргономистов.

Заключение.

Возможность обобщать и использовать данные в электронной среде велики.

Мониторинг становится постоянным. Заинтересованность студентов в постоянном мониторинге связана с тем, что анализ данных позволяет сделать его учебный план индивидуальным, заинтересованность преподавателей связана с возможностью получения информации о продуктивных группах, обратной связи от учащихся к создаваемому контенту (интересно/не интересно, сложно/легко и т.д.), для преподавателей – эффективное распределение ресурсов.

Оценка образовательных результатов может быть самостоятельной и/или коллективной, агрегированной на основе всех данных студента, полученных из всех взаимодействий. Оценка осуществляется для того, чтобы грамотно расширить образовательную программу обучающегося. Динамика образовательных результатов фиксируется постоянно, на основе этих данных формируются паттерны (повторяющиеся шаблоны), по которым можно судить о развитии учащегося.

Необходимо отметить, что сегодня платформы онлайн-образования используются практически в каждом высшем заведении Республики Беларусь. Поэтому добавление в платформу онлайн-обучения элемента соревновательности с другими студентами, а также рекомендательных советов по выбору других обучающих курсов может значительно повысить эффективность такой системы. Частично это реализовано в независимых и коммерческих агрегаторах онлайн-курсов для самостоятельного дистанционного обучения и повышения квалификации.

BigData открывает новые горизонты в современном образовании, с развитием этих технологий образование выходит на более высокий уровень, когда применение BigData позволяет выделять студентов, которые оказываются в ситуации отчисления или заслуживают особых заслуг. Это позволяет отслеживать подобные ситуации и помогать им как в успешном продвижении по индивидуальной образовательной траектории, так и для исключения ситуации потери места в университете. Анализ данных о качестве обучения может ориентировать участников выбрать образование и карьеру, наиболее соответствующие личным качествам и их заинтересованности в дальнейшей перспективе.

Список использованных источников

- [1] Катькало В. С. Корпоративное обучение для цифрового мира / под ред. В. С. Катькало, Д. Л. Волкова. - М.: АНО ДПО «Корпоративный университет Сбербанка», 2017. - 200 с.: ил., табл.
- [2] Фельдштейн Д. И. Приоритетные направления психолого-педагогических исследований в условиях значимых изменений ребенка и ситуации его развития. - Воронеж; М.: МПСИ, Модэк, 2010. - 16 с.
- [3] Фрумин И. Д. Тренды в развитии содержания образования: ключевые компетенции и новая грамотность // Материалы IV Международного форума по педагогическому образованию. -URL:
- [4] Шаталова, В. В. Технологии BigData – как фактор конкурентоспособности преподавателя ВУЗа в условиях современного ИТ-образования / В. В. Шаталова // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сборник материалов V Международной научно-практической конференции, Минск, 13–14 марта 2019 г. В 2 ч. Ч. 2 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; редкол. : В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2019. – С. 11 – 19
- [5] Big Data от А до Я. Часть 1: Принципы работы с большими данными, парадигма MapReduce// Хабрахабр. URL: <https://habrahabr.ru/company/dca/blog/267361/> (дата обращения: 9.05.2019).

BIG DATA IN EDUCATION: ERGONOMICS

Kazak T. V.
*Head of the Department
of Engineering Psychology and
Ergonomics,
doctor of psychological
sciences*

Golovanov R. A.
*Master student of the
Department of Engineering
Psychology and Ergonomics*

Vasilkova A. N.
*Master student of the
Department of Engineering
Psychology and Ergonomics*

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The educational system continuously creates and accumulates a significant amount of data, and the issue of systematic work with this data by a wide range of subjects of education today can be called one of the most significant. Big Data is a powerful tool for transforming learning, rethinking approaches, closing long-standing gaps and adapting experience to improve the efficiency of the educational system itself. The task of describing the technology of operating with big data, aimed at the development of educational systems through the identification of patterns formed in the education system, remains very relevant. It is possible to quickly respond to any changes in the learning process by receiving and analyzing data at an automated level, which allows you to achieve flexibility, scalability, availability, security, confidentiality and ease of use of educational information. The possibilities of BigData are used to improve the quality of educational activities.

Keywords: big data, Big Data opportunities, educational systems

УДК 004.6-024

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ» SMART GRID НА СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ



И.А. Оганезов

доцент кафедры экономики и организации предприятий АПК УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», кандидат технических наук, доцент



Н. В. Щербина

старший преподаватель кафедры инженерной психологии и эргономики УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», магистр технических наук



А.В. Буга

доцент кафедры экономики Северо-Западного института управления Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, кандидат экономических наук, доцент

*Белорусский государственный аграрный технический университет, Республика Беларусь
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь*

*Северо-Западный институт управления Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, Российская Федерация
E-mail: iaoganezov@bsuir.by; shcherbina@bsuir.by*

И.А. Оганезов

Доцент кафедры экономики и организации предприятий АПК УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», кандидат технических наук, доцент. Проводит научные исследования в области энергоэффективных технологий в АПК.

Н. В. Щербина

Старший преподаватель кафедры инженерной психологии и эргономики УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», магистр технических наук. Проводит научные исследования в областях промышленной безопасности, эргономики и безопасности труда.

А.В. Буга

Доцент кафедры экономики Северо-Западного института управления Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, кандидат экономических наук, доцент. Проводит научные исследования в областях антикризисного управления, стратегического управления научно-инновационной деятельностью в АПК, ее экономической, социальной и экологической эффективности.

Аннотация: Рассмотрены основные преимущества управления сетями в условиях Smart Grid на сельских территориях Республике Беларусь. Даны оценки эффективности использования реконструкции подстанции ПС «Городец» 35/10 кВ организации Кобринский РЭС Филиала Брестские Электрические Сети РУП «Брестэнерго» на предмет ее оснащения основными элементами Smart Grid. Данные обстоятельства могут повлиять на существенное повышение существенное повышение прибыли и рентабельности энергетики отечественных сельских территорий на основе широкого использования симбиоза IT-технологий

и энергетики), который открывает возможности и для технологических изменений, и для экономического развития сельских территориях Республике Беларусь.

Ключевые слова: Smart Grid, управление, энергия, сельские территории, подстанция, реконструкция, мониторинг, экономия, эффективность.

Введение.

В условиях развития рыночных отношений в Республике Беларусь вопросы повышения экономической эффективности производства и распределения электроэнергии в АПК являются актуальными. Главным трендом, оказывающим влияние на развитие информационных систем в отечественной энергетике, является концепция Smart Grid. *Smart Grid* («интеллектуальные сети электроснабжения») – это модернизированные сети электроснабжения, которые используют информационные и коммуникационные сети и технологии для сбора информации об энергопроизводстве и энергопотреблении, позволяющей автоматически повышать эффективность, надежность, экономическую выгоду, а также устойчивость производства и распределения электроэнергии.

Энергетические предприятия сталкиваются с необходимостью внедрения новых стандартов эксплуатации и технического обслуживания для постоянного улучшения соотношения между надежностью энергоснабжения и затратами. Еще одной из ключевых задач в энергетике является управление техобслуживанием и ремонтами оборудования. Это обусловлено огромным количеством единиц оборудования, распределенных на больших территориях и требующих постоянного регламентного и ремонтного обслуживания. Консолидация информации о состоянии оборудования в единой системе управления с возможностью ее оперативного предоставления различным потребителям на местах позволяет сократить простои на ремонт, снизить издержки на запчасти и материалы, оптимизировать логистику и загрузку персонала [1-5].

Технологические решения Smart Grid могут быть разделены на пять ключевых областей:

- измерительные приборы и устройства, включающие, в первую очередь, smart-счетчики и smart-датчики;
- усовершенствованные методы управления;
- усовершенствованные технологии и компоненты электрической сети: гибкие системы передачи переменного тока FACTS, сверхпроводящие кабели, полупроводниковая, силовая электроника и накопители;
- интегрированные интерфейсы и методы поддержки принятия решений, технологии управления спросом на энергию (распределенные системы мониторинга и контроля), распределенные системы текущего контроля за генерацией, автоматические системы измерения протекающих процессов, а также новые методы планирования и проектирования, как развития, так и функционирования энергосистемы и ее элементов;
- интегрированные средства коммуникации.

Как показывает *практика внедрения* интеллектуальных сетей электроснабжения, *это приводит к повышению* надежности и бесперебойности электроснабжения объектов и жителей района и к сокращению издержек на эксплуатацию электрических сетей до 20% [1].

В соответствии с концепцией Smart Grid в числе приоритетных направлений развития ИТ в энергетике на ближайшие годы можно выделить:

1. Широкое внедрение на новых и модернизируемых точках измерения интеллектуальных (smart) измерительных приборов — «умных» счетчиков с функцией дистанционного управления профилем нагрузки измеряемой линии и измерительных преобразователей со стандартными коммуникационными интерфейсами и протоколами (в том числе беспроводными), соответствующих стандартам информационной безопасности.

2. Установка на каждом крупном объекте, присоединенном к электросети (жилом районе, офисном центре, фабрике и т. д.), усовершенствованных автоматизированных информационно-измерительных систем (АИИС), работающих в режиме реального времени. АИИС должны осуществлять мониторинг объектовых процессов (например, электро- или теплоснабжения, включая параметры качества энергии), выполнять простые алгоритмы автоматического регулирования и иметь развитые средства информационного обмена с внешним миром.

3. Создание широкой сети интегрированных коммуникаций на базе разнообразных линий связи — ВОЛС, спутниковых, GPRS, ВЧ-связи по ЛЭП и др. Каждая АИИС должна быть подключена как минимум по двум независимым каналам связи.

4. Внедрение в энергокомпаниях автоматизированных систем (АС) управления производственной деятельностью. Поскольку все энергопредприятия относятся к производствам с непрерывным циклом, можно выделить четыре вида таких систем:

- АС управления техническим обслуживанием и ремонтами;
- АС работы на рынках (коммерческой диспетчеризации);
- АС обслуживания клиентов;
- АС управления основным производством — генерацией, передачей, распределением, сбытом (учетом потребления) или диспетчеризацией.

5. Создание интегрированных интерфейсов к АИИС и АС управления производственной деятельностью для автоматического обмена данными с АС других участников рынка. При этом должны быть определены протоколы обмена и стандарты информационной безопасности для всех категорий участников рынка.

Ряд отечественных вендоров (компаний-поставщиков (зачастую, производителей) товаров и услуг под своей торговой маркой) уже заявили о поддержке концепции Smart Grid и включении в свои очередные релизы продуктов нового функционала. Некоторые выводят на рынок решения, построенные в соответствии с новой идеологией и демонстрирующие большую гибкость и функциональность в новых условиях.

В 20 веке преобладали гомогенные энергосистемы и их объединения на основе концентрации производства электрической энергии в местах расположения энергоресурсов и концентрации потребителей:

- крупные электростанции (ТЭС, ГЭС, АЭС);
- развитые транзитные и распределительные электросети;
- централизованное оперативное управление;
- синхронные зоны на больших территориях;
- строгие технические правила присоединения и участия в регулировании режима;
- энергетика – монополярная сфера крупных энергокомпаний.

В 21 веке появились альтернативная распределенная микро-, мини- и малая генерация и гибридные энергосистемы:

- генерация на базе ВИЭ (возобновляемых источников энергии), виртуальные электростанции;
- топливная малая генерация разных субъектов с диверсификацией энергоресурсов;
- генерация, как сопутствующее производство;
- демонополизация рынков мощности, энергии, локальных и системных услуг;
- возможность автономной работы (независимость);
- мягкие технические правила присоединения и участия в регулировании режима;
- Smart Grid — умная автоматика с малым участием человека.

Технология Smart Grid характеризуется несколькими инновационными свойствами, такими как:

- активная двунаправленная схема взаимодействия в реальном масштабе времени информационного обмена всеми между элементами и участниками сети, от генераторов энергии до конечных устройств электропотребителей;
- охват всей технологической цепочки электроэнергетической системы от энергопроизводителей (как центральных, так и автономных) и электrorаспределительных сетей до конечных потребителей;
- обеспечение практически непрерывного управляемого баланса между спросом и предложением электрической энергии. Для этого элементы сети должны постоянно обмениваться между собой информацией о параметрах электрической энергии, режимах потребления и генерации, количестве потребляемой энергии и планируемом потреблении, коммерческой информацией;
- Smart Grid умеет эффективно защищаться и самовосстанавливаться от крупных сбоев, природных катаклизмов, внешних угроз;
- с точки зрения общей экономики Smart Grid способствует появлению новых рынков, игроков и услуг.

Благодаря современным технологиям Smart Grid может применяться как в масштабах зданий, предприятий, так и для обычных домашних электрических устройств, например холодильника или стиральной машины. Соответственно, все устройства, входящие в состав Smart Grid, должны быть оснащены техническими средствами, осуществляющими информационное взаимодействие.

Оценки экспертов показывают, что переход к инновационному варианту развития на базе интеллектуальной энергетики будет сопровождаться существенным снижением вводов новых электростанций и связанных с ним сетевых объектов для выдачи мощности. Вследствие, чего снижение капиталовложений является наиболее значимым системным экономическим эффектом.

Вторым наиболее крупным эффектом является снижение топливных затрат электростанций. Дополнительный эффект может быть достигнут с учетом экономической стоимости выбросов парниковых газов.

Материалы и методы.

С учетом поставленных задач в работе применялись методы исследования: экономико-статистический, монографический, абстрактно-логический, расчетно-конструктивный, социологический и интервьюирования и др. При разработке приоритетных направлений использования новых технологий на основе Smart Grid применительно к условиям организации Кобринский РЭС Филиала Брестские Электрические Сети РУП «Брестэнерго» применялись SWOT-анализ, экспертно-аналитический, экономико-статистические, расчетно - конструктивный и монографический методы.

Информационной базой исследования являются отраслевые справочно-нормативные материалы, положения и рекомендации специализированных научно - исследовательских учреждений, данные статистических органов и Министерства энергетики, а также результаты лабораторный и хозяйственных испытаний организации Кобринский РЭС Филиала Брестские Электрические Сети РУП «Брестэнерго».

Результаты.

Предполагаемая архитектура сети Smart Grid, применительно к условиям организации электроснабжения сетей Кобринский РЭС Филиала Брестские Электрические Сети РУП «Брестэнерго» показана на рис.1.

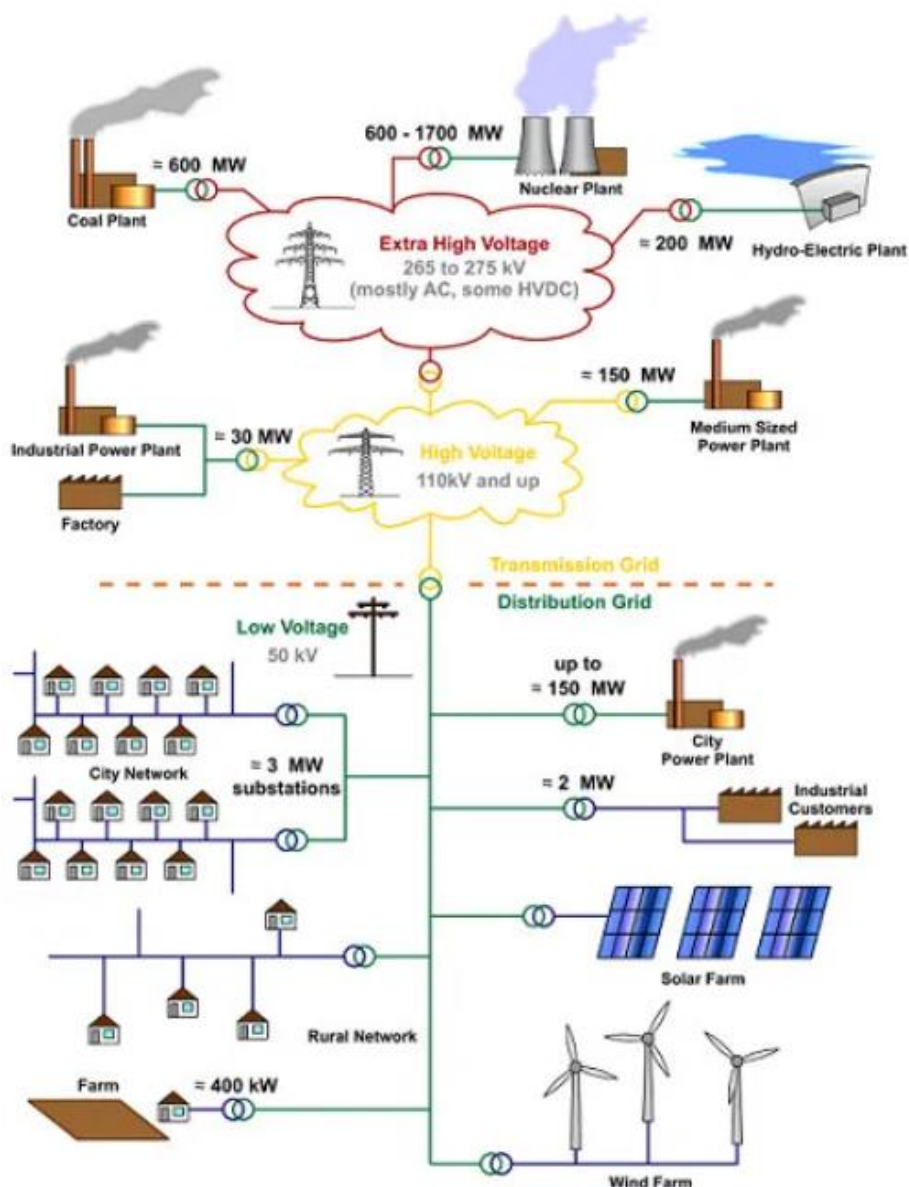


Рисунок 1. Архитектура сети Smart Grid, применительно к схемам перспективного развития сельских территорий Брестской области

Основные преимущества Smart Grid по сравнению с традиционной энергосистемой, применительно к сельским населенным пунктам Республики Беларусь:

- автоматизированная сеть генерации, передачи и потребления электроэнергии;
- она способна осуществлять самомониторинг и предоставлять отчеты, как о любых участниках сети (его состоянии, потребностях и пр.), так и полную информацию о произведенной и переданной электроэнергии в любом разрезе: эффективности, потерь или экономической выгоды;
- Smart Grid также повышает надежность сети, обеспечивая незаметное для потребителя переключение на другой источник при отказе основного;
- она повышает «производительность» сети в целом за счет уменьшения потерь в проводах и оптимального распределения нагрузки, устанавливая для крупных потребителей эффективные (меньшей протяженности) маршруты подключения.

В нашем исследовании далее рассмотрен вопрос реконструкции подстанции ПС «Городец» 35/10 кВ организации Кобринский РЭС Филиала Брестские Электрические Сети РУП «Брестэнерго» на предмет ее оснащения основными элементами Smart Grid. Данная реконструкция была необходима, так как нагрузка подстанции существенно возросла, и также был необходим выбор более совершенной системы релейной защиты, рассчитанной на большую мощность. Установленная ранее на ПС защита с каждым годом становилась все менее надежной и не отвечала требованиям селективности и избирательности. Селективность – это согласование характеристик установленных последовательно аппаратов защиты таким образом, чтобы в случае аварии отключалась только та линия питания или часть схемы, где возникла неполадка. Избирательность срабатывания устройств защиты достигается за счет согласования время-токовых характеристик работы подстанции.

В последнее время в сельской энергетике стало массово внедряться новое оборудование для защиты объектов энергоснабжения, использующее компьютерные технологии на базе процессоров. Его стали называть сокращенным термином МУРЗ — микропроцессорные устройства релейной защиты.

Современные разработки в области микропроцессорной техники позволили создать полноценные устройства релейной защиты и автоматики, которые являются альтернативной заменой электромеханическим устройствам.

Отказ от электромеханических и статических реле, обладающих значительными габаритами, позволяет более компактно размещать оборудование на панелях РЗА. Такие конструкции стали занимать значительно меньше места. При этом управление посредством сенсорных кнопок и дисплея стало более наглядным.

К конструктивным решениям Smart Grid можно отнести следующие: в реконструируемой трансформаторной подстанции вместо масляных выключателей и выключателей нагрузок с механическими приводами установили вакуумные выключатели нагрузок с поддержкой дистанционного управления по каналам связи устройств телемеханики. Применение реклоузеров позволило удаленно управлять электроснабжением потребителей и при необходимости автоматически отключать поврежденные участки сетей и ЛЭП, добиваться сокращения времени восстановления электроснабжения, снижения частоты повреждений ЛЭП и соответственно уменьшения общего объема ремонтных работ. Здесь было применено современное оборудование, конструкции, материалы и эффективные технологии (кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена, отличающиеся возможностями вертикальной прокладки и повышенной надежностью в эксплуатации; муфты из термоусаживаемого полиэтилена, обладающие более длительным сроком службы и высокими диэлектрическими свойствами, и т. д.).

Информационная система Smart Grid строится на оперативно-информационных комплексах (ОИК), которые включают: устройства телеизмерения параметров режима электрической системы, сбора и агрегирования информации, каналы связи, базы данных, системы оперативного отображения параметров режима, программного обеспечения, обрабатывающего результаты телеизмерений и формирующего задания для объектов диспетчерского управления, электронные журналы – средства регистрации событий и диспетчерских команд. Для того чтобы электрическая сеть полностью превратилась в Smart Grid, недостаточно внедрения на ее объектах отдельных «умных» элементов. Требуется также соответствующее информационное обеспечение, т. е. создание единого информационно-технологического пространства.

Существенное преимущество микропроцессорных устройств защиты на основе Smart Grid – это их многофункциональность. МП-устройства производят измерения основных электрических величин. То есть данные устройства являются достойной заменой не только защитных устройств, но и аналоговых измерительных приборов. Например, терминал

защит линий 35 кВ выполняет функции дистанционной защиты, токовой направленной защиты нулевой последовательности.

В данном исследовании была определена экономическая эффективность, которая будет получена от внедрения микропроцессорной техники на основе Smart Grid. Для этого были рассмотрены два конкурирующих варианта (способы) технической реализации системы централизации стрелок и сигналов на данной подстанции. Первый вариант основывается на использовании релейной техники, а второй предусматривает применение микропроцессорной техники на основе Smart Grid.

С учетом технических требований к рассмотрению были приняты два варианта:

1-вариант – ТМН 10000 кВ·А и ТМТН 6300 кВ·А , см. рис.2

2-вариант – ТМН 2x6300 кВ·А с релейной защитой REF-542 plus (на основе Smart Grid), см. рис.3.



Рисунок 2. ПС «Городец» 35/10 кВ
организации Кобринский РЭС Филиала Брестские Электрические Сети
РУП «Брестэнерго»

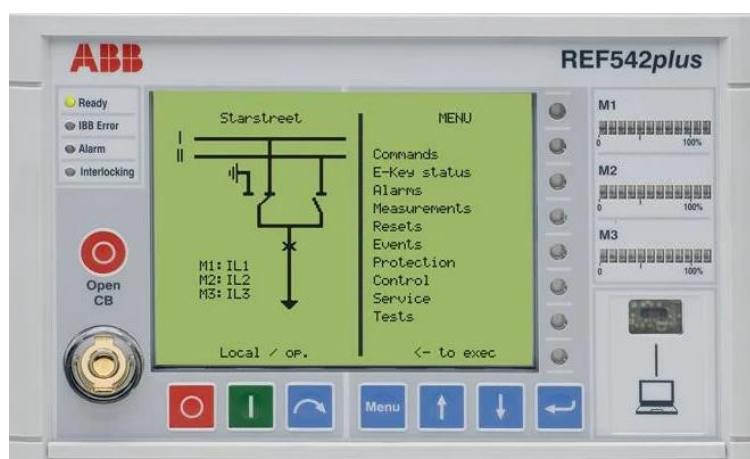


Рисунок 3. Устройство защиты фидера REF 542plus

Примечание:

ТМН – трехфазный масляный трансформатор с регулированием напряжения под нагрузкой;

ТМТН– трехфазный масляный трансформатор трехобмоточный с регулированием напряжения под нагрузкой.

REF 542plus– устройство защиты фидера. Оно представляет собой компактное цифровое решение по управлению присоединением и может использоваться в сетях среднего напряжения для защиты фидеров, трансформаторов или двигателей. REF 542plus, объединяет в себе функции измерения, контроля, защиты, управления и самодиагностики. Со встроенными протоколами связи устройство REF 542plus можно легко ввести в состав любой системы автоматизации подстанции. Эти устройства нового поколения обеспечивают исключительную гибкость и масштабируемость, что позволяет создавать четкие интеллектуальные решения по сравнению с более традиционными подходами. Программные решения Smart Grid позволяют использовать REF 542plus во всех первичных распределительных устройствах с воздушной или элегазовой изоляцией.

При внедрении первого варианта необходимо учитывать стоимость каждого отдельно взятого блока релейной защиты, так как каждое реле будет отвечать за свой, отдельно взятый заданный параметр. Согласно этому и эксплуатационные затраты будут больше.

Второй вариант состоит из одного цельного блока защиты и позволяет обеспечить более надежную работу оборудования. Защиты на микропроцессорной элементной базе с использованием Smart Grid имеют ряд достоинств перед защитами, выполненными на электромеханических реле:

- компактность и многофункциональность;
- низкий уровень потребления по цепям оперативного тока и измерительным цепям;
- возможность дистанционного контроля и управления;
- высокая точность и стабильность в работе;
- значительно меньшие затраты на техническое обслуживание.

По результатам расчетов (см. табл.1) сумма эксплуатационных издержек по второму варианту существенно ниже. Это обеспечивает значительное снижение себестоимости передачи электроэнергии и совокупных дисконтируемых затрат.

Таблица 1. Техничко-экономические показатели проекта

Показатели	Варианты	
	1(действующий)	2(внедряемый)
Мощность подстанции, МВ·А	10000 и 6300	2×6300
Годовой отпуск электроэнергии, кВт·ч	13,6·10 ⁶	13,6·10 ⁶
Потери электроэнергии, кВт·ч / год	529489,6	257960,3
Капиталовложения, долл. США	1186315,13	1070794
Эксплуатационные издержки, долл. США/ год:	206185,07	126430,87
- амортизационные отчисления	59315,76	35657,44
- издержки на ремонт и техническое обслуживание	34403,14	31053,03
- издержки на возмещение потерь электроэнергии	100603,02	49012,46
- прочие расходы	25031,2	22593,7
Себестоимость передачи 1 кВт·ч электроэнергии, долл. США/ кВт·ч	0,0152	0,0093
Совокупные дисконтированные затраты, долл. США	2088827,04	1628596,73

Приоритетным направлением развития сельских электрических сетей является также повышение надежности работы оборудования и всей энергосистемы в целом. В данной

ситуации, это основополагающая причина необходимости замены оборудования. ПС «Городец» несло ежегодно значительные денежные потери от возникающих аварийных ситуаций. Одной из главных причин высокой степени аварийности – моральное и физическое старение действующего электроэнергетического оборудования. Поэтому было трудно выявить суммы материально-денежных средств, направляемых на погашение убытков, вследствие возникающих в организации Кобринский РЭС Филиала Брестские Электрические Сети РУП «Брестэнерго» нештатных ситуаций (предаварийных и аварийных) из общей суммы затрат.

Внедрение релейной защиты на микропроцессорной элементной базе с использованием Smart Grid может позволить так же сэкономить финансовые ресурсы, расходуемые на оплату труда рабочих и ремонты, снизить аварийность не только по техническим причинам, но и по причинам ошибок персонала, благодаря возможности использования современных подходов к оперативному обслуживанию данного элемента сети. Кроме того, данные системы позволяют контролировать и отслеживать аварийные ситуации, напрямую не связанные с работой технологического оборудования такие как возникновение пожара, загазованность и незаконное проникновение на объект.

Заключение.

1. Анализ передового отечественного и зарубежного опыта показывает значительный эффект результатов от внедрения решений систем Smart Grid в электроснабжении для обеспечения основных групп потребителей электроэнергией, в том числе находящихся в сельской местности.

2. По результатам экспериментального исследования от внедрения системы Smart Grid в релейную защиту электрической подстанции ПС «Городец» 35/10 кВ, проведенного в организации Кобринский РЭС Филиала Брестские Электрические Сети РУП «Брестэнерго» были получены следующие значения эффекта в натуральном и стоимостном выражении:

- потери электроэнергии при ее передаче основным группам потребителей были снижены с 529489,6 кВт·ч / год до 257960,3 кВт·ч / год или на 51%;
- общие эксплуатационные издержки были снижены на 39%;
- себестоимость передачи 1 кВт·ч электроэнергии уменьшена на 38%;
- совокупные дисконтированные затраты были снижены на 22,03%.

Данные результаты рассматриваемого пилотного проекта могут повлиять на существенное повышение прибыли и рентабельности энергетики отечественных сельских территорий на основе широкого использования симбиоза IT-технологий и энергетики (системы Smart Grid и т.д.), который открывает возможности и для технологических изменений, и для экономического развития.

3. В качестве стимулирующих инструментов государственной политики, позволяющих расширить использование ВИЭ – возобновляемых источников энергии и МВТ - местных видов топлива на сельских отечественных территориях, способствовать значительному снижению стоимости такой энергии, должны расширяться подходы, основанные на использовании «интеллектуальных», или «умных» сетей, которые помогают интегрировать электроэнергию из разных источников в единую сеть, где операторы сетей надежно контролируют подачу электроэнергии, и эффективно, экономично и дальновидно управляют колебаниями нагрузки.

4. Внедрение в энергетических организациях, обслуживающих отечественные сельские территории, современных автоматизированных систем (АС) управления производственной деятельностью, в том числе: техническим обслуживанием и ремонтами, диспетчеризацией, обслуживаем основных групп потребителей, управлении основным производством – генерацией, передачей, распределением, сбытом электроэнергией может быть экономически целесообразно.

Список использованных источников

- [1] Государственная программа «Энергосбережение» на 2021-2025 годы, 2021 (в редакции Постановления СМ РБ от 24.02.2021 №103) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://gosstandart.gov.by/approved-state-program-energy-saving-for-2021-2025-years> – Дата доступа: 27.02.2021.
- [2] Фурсанов, М.И. Об управлении режимами городских электрических сетей в условиях SMART GRID. / М.И. Фурсанов, А.А. Золотой // Энергетика. Известия высших учебных заведений и образовательных объединений СНГ. – Минск, 2018. – № 61(1). – С. 15-27.
- [3] Smart grid - от аналога к цифре, или как работают умные сети. Все о проекте умные сети. | iot.ru Новости Интернета вещей [Электронный ресурс]. URL: <https://iot.ru/wiki/umnye-elektroseti> (дата обращения: 04.09.2021).
- [4] История двух пилотных проектов в области Smart Grid [Электронный ресурс] // Портал об энергетике в России и в мире. 2021. URL: <http://peretok.ru/articles/freezone/12960/> (дата обращения: 04.09.2021).
- [5] Цифровизации энергетики [Электронный ресурс] / Сайт Минэнерго России. – Режим доступа: <https://in.minenergo.gov.ru/energynet/docs/Цифровая%20энергетика.pdf>. – Дата доступа: 28.02.2020.
- [6] SmartGrid. Умные Сети. Интеллектуальные сети электроснабжения [Электронный ресурс] / Сайт «TAdviser». – Режим доступа: [http://www.tadviser.ru/index.php/Smart_Grid_\(Умные_Сети\)](http://www.tadviser.ru/index.php/Smart_Grid_(Умные_Сети)). – Дата доступа: 03.03.2020.
- [7] Концепция «Цифровая трансформация 2030» [Электронный ресурс] / Сайт «Россети». – Режим доступа: https://www.rosseti.ru/investment/Kontseptsiya_Tsifrovaya_transformatsiya_2030.pdf. – Дата доступа: 01.03.2020.

PERSPECTIVE SOLUTIONS OF «INTELLIGENT POWER SUPPLY NETWORKS» SMART GRID IN RURAL TERRITORIES OF THE REPUBLIC OF BELARUS

I.A.OGANEZOV

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Associate Professor,
Department of Economics and Organization of Enterprises,
Belarusian State Agrarian Technical University*

N.V.SHCHERBINA

*Master of Engineering
Senior Lecturer,
Department of Engineering Psychology and Ergonomics,
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics*

A.V.BUGA

*Candidate of Economic Sciences, Associate Professor
Associate Professor of the Department of Economics of the North-West Institute of Management of the Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation*

Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk, Republic of Belarus

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

North-West Institute of Management of the Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President, Moscow, Russia

E-mail: iaoganezov@bsuir.by; shcherbina@bsuir.by

Abstract.

The main advantages of network management in the conditions of Smart Grid in rural areas of the Republic of Belarus are considered. Estimates of the effectiveness of the use of the reconstruction of the substation of the substation «Gorodets» 35/10 kV of the organization Kobrinsky Distribution Zone of the Branch Brest Electric Networks of RUE «Brestenergo» for its equipping with the main elements of Smart Grid are given. These circumstances can affect a significant increase in the profit and profitability of the energy sector of domestic rural areas based on the widespread use of the symbiosis of IT technologies and energy), which opens up opportunities for both technological changes and economic development of rural areas of the Republic of Belarus.

Keywords: Smart Grid, management, energy, rural areas, substation, reconstruction, monitoring, savings, efficiency.

УДК 336.774.3

ОСОБЕННОСТИ АНАЛИЗА И КЛАССИФИКАЦИИ ПРОЕКТНЫХ ДАННЫХ В ФИНАНСОВО-КРЕДИТНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ



Д.М. Рагель

*к.э.н., доцент кафедры экономики
Белорусского государственного
университета информатики и
радиоэлектроники*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь
e-mail: ragel@bsuir.by*

Д.М. Рагель

В 2000 г. окончил экономический факультет Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники по специальности «Экономическая информатика». В 2016 г. окончил аспирантуру Академии управления при Президенте Республики Беларусь. В 2018 г. защитил кандидатскую диссертацию. Научные интересы: майнинг данных в маркетинге, моделирование процессов, анализ данных, статистическое прогнозирование, макроэкономика.

Аннотация. В статье описывается подход к систематизации больших данных по профинансированным проектам на основании алгоритма минимизации среднеквадратичной ошибки разбиения массива. В публикации приводятся основные этапы реализации алгоритма, а также критерии по определению кластеров для классификации анализируемого массива данных.

Ключевые слова: анализ данных, проектное управление, большие данные, массив данных, среднеквадратическая ошибка, кластеризация массива, финансово-кредитные организации, кредит, данные, проектные показатели, управление портфелем проектов, эффективность.

Эффективность работы финансово-кредитных организаций – это качество кредитного портфеля организации на основании чего, особую важность приобретает анализ портфеля, отслеживания динамики реализации входящих в портфель проектов. Своевременная реакция на возникающие отклонения в эффективности реализации отдельных проектов непосредственно влияет на финансовое положение кредитной организации и ее рыночные возможности. Успешные финансово-кредитные организации в настоящее время формируют большие портфели проектов, по которым собираются данные различного качества в целях мониторинга их состояния. С учетом этого, правильно выстроенная система мониторинга данных является одним из ключевых факторов успешного развития деятельности финансово-кредитных организаций.

Анализ проектной деятельности компаний предполагает, помимо реализации базовых функций управления, последовательный сбор и систематизацию данных по всем этапам жизненного цикла. Если говорить, непосредственно, о последовательной реализации долгосрочного проекта с переходом от начального этапа, на котором осуществляется инвестирование, к финальному этапу полной окупаемости и выхода на запланированные производственные мощности, можно выделить четыре основных этапа анализа хода

инвестиционных проектов. В силу своей специфики, мониторинг каждого из этапов требует отслеживания своих специфических групп показателей, которые позволят наиболее полно отобразить особенности протекания того или иного этапа.

Предпроектный этап – это этап планирования, разработки различных планов и объединение их в единый бизнес-план проекта, в соответствии с которым будет осуществляться финансирование его реализации. На данном этапе составляются графики, утверждаются значения показателей, на основании которых в дальнейшем будет осуществляться мониторинг и проводиться корректировка хода реализации проекта.

Инвестиционный этап реализации проекта характеризуется началом финансирования капитальных затрат по проекту. На данном этапе контролируется непосредственно степень реализации графиков, связанных с освоением капитальных затрат и вводом объектов в эксплуатацию. Основные группы показателей, которые могут быть рассчитаны, связаны с вводом в эксплуатацию оборудования, а также основных фондов. Расчет и контроль по данному этапу может вестись на основании сопоставления фактических значений с плановыми по итогам контрольного периода (месяц, квартал, полугодие):

$$K_{\text{кп}} = \frac{K_{\text{факт.}}}{K_{\text{план}}}, \quad (1)$$

где $K_{\text{кп}}$ – коэффициент характеризующий выполнение запланированного значения показателя проекта;

$K_{\text{план}}$ – запланированное значение показателя освоения по группе капитальных затрат;

$K_{\text{факт}}$ – фактическое значение показателя, полученное в рассматриваемом периоде времени.

Следующим этапом является эксплуатационная стадия, которая начинается после подписания документов о вводе объектов в эксплуатацию. Данный этап, как правило, характеризуется началом выполнения основных видов деятельности и выходом на запланированные производственные мощности. Основное внимание на этой стадии сосредоточено на темпах использования, окупаемости, а также финансовых показателях, которые характеризуют общую эффективность и позволяют сделать выводы о соблюдении сроков выхода на запланированные производственные мощности. В данном случае основными показателями, которым следует уделить внимание и на основании которых можно выстроить систему контроля могут быть как натуральные (производство, реализация), так и финансовые, к примеру, чистая прибыль, выручка, рентабельность продаж, цены, а также показатели, характеризующие задолженность и возможности ее погашения.

С учетом особенностей механизма мониторинга, его периодичности, а также количества стадий и предусмотренного количества показателей по стадиям, в конце отчетных периодов накапливается достаточно большой массив данных, который возрастает на протяжении проектного жизненного цикла.

Итоговым и наиболее важным, с точки зрения аналитики, этапом является упорядочивание полученного массива данных, его классификация, систематизация, формулировка выводов о качестве портфеля профинансированных проектов. С учетом этого, на данном этапе целесообразно использование алгоритма, на основании которого может быть проведена кластеризация полученного массива данных. В случае больших данных кластеризация позволит в течение достаточно короткого промежутка времени сделать выводы об основных группах, полученных данных и за счет этого сформировать видение динамики качества профинансированного портфеля проектов.

Обобщение полученных данных может быть проведено на основании использования алгоритма минимизации среднеквадратичной ошибки разбиения массива. Данный тип кластеризации может быть применен для оптимального разбиения на группы. Основной задачей процесса разбиения данных на кластеры в данном случае является минимизация ошибок на основании соответствия средним значениям установленных для кластеров. Итог проведенной кластеризации – массив полученных данных соотнесенный с интервалами соответствия плановым значениям, на основании этого можно сделать выводы об оптимальности формирования портфеля проектов. С учетом этого, распределение имеющегося массива данных по группам может быть проведено следующим образом:

$$e^2 = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{n_j} \|x_i^{(j)} - c_j\|^2; \quad (2)$$

где e^2 – среднеквадратическая ошибка разбиения массива;
 j – порядковый номер кластера;
 i – порядковый номер переменной в рассматриваемом кластере;
 k – количество кластеров;
 n_j – количество значений в рассматриваемом кластере;
 $x_i^{(j)}$ – классифицируемая i -тая переменная кластера j ;
 c_j – точка со средним значением характеристики данных в рассматриваемом кластере j .

В зависимости от целей анализа и для удобства дальнейшей классификации алгоритм может состоять из следующих обязательных этапов:

1. Выбор изначальных k точек с наиболее типичными характеристиками проектов для определения изначальных центров кластеров;
2. Соотнесение всех имеющихся объектов с определенными на предыдущем этапе центрами кластеров;
3. Актуализация центров кластеров в соответствии с полученной фактической классификацией данных;
4. Дальнейшее соотнесение с центрами кластеров имеющихся данных, если изначальный критерий классификации данных не выполнен (переход ко второму этапу).

В целях оптимизации распределения проектных данных по кластерам для дальнейшего анализа может быть использована следующая интервальная шкала:

0 – 50% соответствия фактических значений плановым – неудовлетворительное качество портфеля проектов;

50 – 70% соответствия фактических значений плановым – портфель, который требует дополнительных мер по его нормализации;

70 – 90% соответствия фактических значений плановым – портфель удовлетворительного качества;

более 90% – оптимально профинансированный портфель проектов.

Предложенный подход позволяет оптимальным образом классифицировать массив данных по портфелю проектов и быстро реагировать на возникшие в течение отчетного периода проблемы с эффективностью их реализации. Алгоритм апробирован в процессе мониторинга портфеля проектов некоторых субъектов финансово-кредитной деятельности Республики Беларусь.

Список использованных источников

[1] Введение в анализ данных : учебник и практикум / Б.Г.Миркин. – Москва : Издательство Юрайт, 2020. – 174 с.

[2] Волнин В.А. Аналитическая фабрика: Как настроить финансовую аналитику под задачи бизнеса. – Альпина Паблишер, 2021. – 548 с.

[3] Мыльников Л.А. Статистические методы интеллектуального анализа данных. – БХВ-Петербург, 2021. – 119 с.

FEATURES OF ANALYSIS AND CLASSIFICATION OF PROJECT DATA IN FINANCIAL AND CREDIT ORGANIZATIONS

Dz.M. Rahel

*PhD, Associate Professor of the Department of
Economics, Belarusian State University of
Informatics and Radioelectronics*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus
e-mail: ragel@bsuir.by*

Abstract. The article describes an approach to systematization of big data on funded projects based on the algorithm for minimizing the mean square error of array partitioning. The publication provides the main stages of the implementation of the algorithm, as well as criteria for determining clusters for classifying the analyzed data array.

Keywords: data analysis, project management, big data, data array, standard error, array clustering, financial and credit organizations, credit, data, project indicators, project portfolio management, efficiency.

УДК [611.018.51+615.47]:612.086.2

ЦИФРОВИЗАЦИЯ И ПОТЕРЯ АНТРОПОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О СХОДСТВЕ ЯВЛЕНИЙ



Г.В. Лосик

главный научный сотрудник
лаборатории № 214
Государственного научного
учреждения «Объединенный
институт проблем информатики
Национальной академии наук
Беларуси», доктор психологических
наук



И.М. Бойко

научный сотрудник
Государственного научного
учреждения «Объединенный
институт проблем информатики
Национальной академии наук
Беларуси».

Беларусь, Минск, ОИПИ НАН Беларуси
E-mail: georgelosik@yahoo.com

Лосик Г.В.

Главный научный сотрудник лаборатории № 214 Государственного научного учреждения ОИПИ НАН Беларуси, доктор психологических наук, доцент. Республика Беларусь.

Бойко И.М.

Научный сотрудник ОИПИ НАН Беларуси.

Аннотация. Рассмотрен уникальный принцип кодирования информации, ранее неизвестный в кибернетике. Уникальность принципа заключается в использовании топологического кода запоминания информации на материальном носителе, позволяющем свести до минимума возможность материального носителя вмешиваться в код.

Ключевые слова. Способы кодирования информации, свойства цифровых технологий, антропологический, цифровой принцип кодирования, оценка сходства сигналов.

Введение.

Как сжато сформулировать отличие кодирования образной информации у человека от кодирования ее в компьютере? В докладе доказывается, что главное отличие состоит не в психофизиологическом механизме, а в информационном принципе сравнения обрабатываемых образов, в метрике оценки близости разных образов как стимулов. В метрике сходства и различия образов обнажаются как антропологическая, так и социальная компоненты целесообразности для человека то ли различать, то ли отождествлять два объективно различающихся стимула. В рамках векторной психофизиологии [1,5] у человека обнаружен уникальный принцип кодирования информации, ранее неизвестный в кибернетике. В чем же, если формулировать сжато, отличие этого кода от цифрового в компьютере? Уникальность принципа заключается в использовании топологического кода запоминания информации на материальном носителе, позволяющем свести до минимума

возможность материального носителя вмешиваться в код [3,4]. Этот код позволяет человеку оставлять неизменным психологическую метрику оценки сходства и различия цветов, форм, вкусов и звуковой формы когнитивных сигналов. Цифровой код компьютера, в докладе доказываемая, лишен этой способности.

У человека обнаружены *два, а не один истока* информации о мере сходства: врожденный и приобретенный. Социальные нормы сходства внешних явлений человек усваивает благодаря пластичности межнейронных связей, путем изменения их проводимости. Однако, некоторые антропологически важные свойства материального мира у человека закладываются не так, а как константы на очень ранних стадиях онтогенеза. Это касается меры сходства цветовых оттенков предметов, их формы, вкуса еды, запахов [2,5]. У человека эти меры сходства закачиваются в нейроны как константы и сохраняются одинаковыми от поколения к поколению.

Решение проблемы.

Покажем, что именно способ кодирования, выявленный у человека в векторной психофизиологии, позволяет это сделать. Рассмотрим теоретически, за счет чего может быть реализовано такое кодирование.

Первый шаг кодирования. На первом шаге когнитивная система предвзято берёт две однополосные шкалы и объединяет их в одну двухполосную. Благодаря первому шагу появились шкалы оценки меры несходства цвета [2,5], шкалы плоскости/овальности, наклона и пересечения линий, вогнутости/выпуклости, симметрии/асимметрии оценки меры несходства форм предметов, гласных/согласных звуков. На этом шаге когнитивная система объединяет однополосные шкалы и строит двухполосные шкалы из однополосных.

Второй шаг кодирования. На втором шаге происходит создание ортогональности и независимости двухполосных шкал. Когнитивная система объединяет в группы 3--5 ортогональных двухполосных шкал и создаёт такой нейронный механизм, что каждая двухполосная шкала не коррелирует с другой шкалой. Двухполосные шкалы принципиально независимы друг от друга.

Третий шаг кодирования. Далее на третьем шаге в многомерном пространстве когнитивная система совершает третью операцию, нормализации энергетической мощности этих сигналов. Когнитивная система как бы боится от амплитуды и энергетической мощности этих сигналов. Она совершает нормализацию энергетической мощности каждого много-модального сигнала. Это делается с помощью уравнивания участия разных двухполосных шкал, которые образовали между собой ортогональную группу. Благодаря такой нормализации величина несходства, сила рефлекса на новизну от двух сигналов становится пропорциональной только лишь угловому расстоянию векторов между этими двумя много-модальными сигналами. Сравним код сигнала в компьютере с высвеченным выше кодом у человека. В случае компьютерной, и в случае нейронной реализации у человека когнитивной системы в обоих случаях реализуются три операции: 1) формирование двухполосных шкал из однополосных, 2) создание ортогональности и независимости нескольких двухполосных шкал друг от друга, 3) нормализация и вычисление на двухполосной шкале энергии сигнала относительно иных шкал.

Заключение.

Код у компьютера, подобно данному коду у человека, содержит 64 бинарных разряда как двухполосные шкалы и отличается независимостью работы шкал, имеет нивелировку длины вектора в 64-мерном пространстве, поэтому является материя-независимым. Это позволяет сравнить материя-независимый код в компьютере с кодом у человека и найти объяснение потери в коде компьютера информации о сходстве и различии разных сигналов.

В чем же состоит дефектность кода компьютерного слова из 64 разрядов: Бинарная ячейка кода как двухполосная шкала имеет лишь два возможных значения, только полюса. В двухполосных шкалах у человека между полюсами существует много промежуточных

значений шкалы. Если в компьютере добавить ряд промежуточных значений в состоянии ячейки на промежутке между 0 и 1, то в компьютере станет возможным хранение и обработка не только информации уже накопленной, но и информации об отношении человека к этой информации как субъекта. Таким образом, схема, аналогичная как у человека, эмпирически реализована в коде компьютерного слова.

Рассмотрим второе отличие кода у человека от кода компьютерного. Это отличие состоит в отличии материи, которая становится носителем информации о действии, совершаемом человеком или компьютером. Рассмотрим, во что выливается процесс, когда информация о совершаемом действии запоминается при фиксации действия на длительное время. Психологически выявлено, что человек стремится запоминать “след” совершенного сию минуту движения или действия. Но возникающий след не всегда материализуется и часто может исчезать. Может исчезать потому, что материальный носитель может быть хрупким, дымчатым, жидким, электромагнитным. След от движения, например, руки по поверхности воды зрению доступен секунду, но потом исчезает. К такому следу сознание человека не может вернуться спустя время; информация из прошлого для человека теряется. Человек, непроизводно обнаруживая это, стремится в своей практикене не употреблять такие материальные носители для фиксации на них результатов своих действий. Это, как правило, очень мягкие вещества или очень твердые. Человек в житейской практике не фиксирует траектории своих движений в тумане, на поверхности воды, на песке, мелом на доске, пальцем на запотевшем стекле, тенью на стене. А фиксирует движения чернилами на бумаге, краской на холсте, резцом на дереве, вышивкой на ткани. В природе психики человека сокрыто стремление возвратиться к следу повторно, стремление не только сформировать навык движения, но и, на всякий случай, сохранить материализованный результат движения. Хотя навык – это тоже в нервной ткани зафиксированный след действий в виде модели, но психике нужна гарантия, что эта модель пригодилась спустя время на практике. Поэтому требование материализации на неразрушаемый носитель – становится обязательным.

Теперь вернемся к появлению в антропогенезе, так называемого, материя-независимого кодирования [1]. Ранее нами отмечалось, что в антропогенезе происходило уменьшение размерности материального носителя, на который помещалась используемая человеком информация. С уменьшением размерности и зависимость кода от материи – уменьшалась. Но до полного исчезновения зависимости процесс, что важно, не произошел. Векторное кодирование двухполюсными, уравненными в рангах, шкалами – сохранило, хотя и в малой степени, зависимость от материального носителя - кодирования сходства/различия сигналов. Но, что важно, материальным носителем в мозге человека эволюция сделала не подвласную времени материю, а тело самого человека. Тело человека взято в качестве материального носителя. Оно, его форма, сохраняемая геномом от поколения к поколению, сканируется в раннем онтогенезе.

В ранний период онтогенеза сканирование моторной коры осуществляется механизмом импринтинга и информация закачивается на новый материальный носитель – сенсорную кору мозга. Сканирование забирает о теле только ту информацию, которая отражает предназначение тела и его кинематических узлов для сугубо познавательных целей, не приспособительных. Поэтому, в строгом плане, в коде движения двухполюсными, уравненными в рангах, шкалами – хотя и в малой степни, но сохраняется материя-зависимость движения. У человека движение, не оставившее надолго материальный след после себя – не может запомниться. В этом и кроется различие компьютерного кода, также двухполюсного, также уравненного в рангах, от кода антропологического. В компьютерном коде, запечатляемом движение человека, нет материя-зависимого носителя, а им выбрано электромагнитное поле. Это кодирование не сменой физического места, а сменой магнитного состояния вещества. От такой смены вектор не может образоваться в

материальной среде. В нем не может храниться информация о виде того живого существа, которое будет перерабатывать эту информацию. В компьютере внешняя информация оставляет след, но в виде электромагнитного перемагничивания ферритового вещества с одного электромагнитного состояния в противоположное. Такое кодирование нельзя назвать кодирование “местом”. В нервной же ткани образование “вектора” как следа запоминаемого сигнала осуществляется за счет смены места возбуждения нейронов. Один очаг возбуждения нейронов гаснет и передает эстафету другому определенному соседнему очагу. Место хранения вектора оказывается материализованным.

Выводы.

1. Экспериментальные, клинические и полевые данные, полученные за многие годы в рамках нового в нейро-науке направления «Векторная психофизиология», являются доказательством открытия уникального принципа кодирования информации, ранее неизвестного в кибернетике.

2. Именно такое материя-независимое кодирование информации номером канала некоторых информационных сообщений в мозге потребовало возникновения для детектирования шагов кода мысли. Место возбужденного нейрона ассоциируются у человека с тем или иным смыслом: для образов – с функцией этого образа в жизни человека, для действий с целью/мотивом действия.

Список использованных источников

- [1] Вартанов, А. В. Механизмы семантики : человек – нейрон – модель / А. В. Вартанов. – Нейрокомпьютеры : разработка, применение. – 2011. – № 12. – С. 54–64.
- [2] Измайлов, Ч. А. Сферическая модель цветоразличения / Ч. А. Измайлов. – М. : МГУ, 1980. – 171 с.
- [3] Г. В. Лосик, А. П. Бобрик, Д. В. Волюнец, А. С. Назаров, В. В. Егоров Механизмы кодирования антропологической информации РИНТИ
- [4] Г.В. Лосик, Л. В. Маришук, Р. С. Панашик, Д. С. Ракевич Пользователь интернета как клон социума Материалы конференции РИПО 2018 г, С.77-83.
- [5] Соколов, Е. Н. Очерки по психофизиологии сознания / Е. Н. Соколов. – М. : изд-во МГУ, 2010г. – 213 с. МГУ,

DIGITALIZATION AND LOSS OF ANTHROPOLOGICAL INFORMATION ABOUT THE SIMILARITY OF PHENOMENA

G. V. LOSIK

Chief Researcher of Laboratory No. 214 of the State Scientific Institution "Joint Institute for Informatics Problems of the National Academy of Sciences of Belarus", Doctor of Psychology

BOYKO I.M.

Post-graduate student, researcher of the UIPI NAS of Belarus.

Abstract: An exception is the application of the principle of encoding information, previously unknown in cybernetics. A unique possibility of a solution in the collection of a topological code for storing information on a material carrier, which makes it possible to minimize the possibility of a material carrier to interfere with the code.

Keywords: Methods of information coding, properties of digital technologies, anthropological, digital coding principle, assessment of signal similarity

УДК [517.98]:

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ РАЗЛОЖЕНИЯ СИСТЕМ БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ



С.Н. Кардаш

*старший научный сотрудник ОИПИ НАН Беларуси,
кандидат технических наук*

*Объединенный институт проблем информатики Национальной Академии Наук Беларуси,
Республика Беларусь
E-mail: kardash77@gmail.com*

С.Н.Кардаш

Окончил БГУ им. Ленина. Старший научный сотрудник лаборатории Логического Синтеза ОИПИ НАН Беларуси, к.т.н.

Аннотация. Предлагаются алгоритмы построения совместных (использующих общие подфункции) разложений систем булевых функций. Алгоритмы ориентированы для применения при синтезе комбинационных логических схем из библиотечных КМОП-элементов.

Ключевые слова: Дизъюнктивные нормальные формы (ДНФ) булевых функций, связанность.

Введение. В настоящее время стремление снизить энергопотребление цифровых систем, реализуемых на элементной базе заказных комплементарных металл-оксид-полупроводниковых схем (КМОП-схем) и систем-на-кристалле стало причиной появления новых и совершенствования известных методов решения задач, связанных с проектированием логических схем.

Синтез логических схем из библиотечных элементов обычно выполняется по оптимизированным двухуровневым либо многоуровневым представлениям систем булевых функций. Двухуровневыми (И-ИЛИ) представлениями называют представления функций в виде дизъюнктивных нормальных форм (ДНФ), многоуровневыми – различные формы функциональных разложений [1,2]. Идея использовать связанность (общность) областей определений булевых функций при синтезе многовыходных комбинационных схем предложена в [3].

«Хорошая» связанность функций существенно влияет на появление одинаковых структурных частей (конъюнкций, алгебраических выражений, подфункций и т.д.) в оптимизированных двухуровневых либо многоуровневых формах представления функций, по которым и строятся логические схемы в том или ином технологическом базисе. Чем сильнее связаны функции, тем скорее можно ожидать, что в представлениях таких функций будет больше одинаковых подвыражений и синтезированные схемы будут менее сложными. По существу, выделение связанных функций является одним из приемов логической оптимизации многоуровневых представлений систем функций [4]. Для связанных подсистем функций более эффективно решаются задачи логической оптимизации, например, оптимизации в классе ДНФ [2, 3], оптимизации BDD-представлений [5] и декомпозиции различных видов, например, при построении совместных функциональных разложений.

В данной работе для многоуровневой оптимизации систем функций, обладающих связностью областей определения, предлагается использовать совместные функциональные разложения и предлагаются алгоритмы построения таких разложений.

Основные определения. Пусть задана система $f(x) = (f^1(x), \dots, f^m(x))$ совершенных дизъюнктивных нормальных форм (СДНФ) булевых функций. Характеристическим множеством $M_{f^i}^1$ функции $f^i(x)$ называется множество наборов булева пространства, на которых функция $f^i(x)$ принимает единичное значение. Через $M_{f^i}^0$ обозначим множество наборов нулевых значений функции $f^i(x)$. Дизъюнктивным разложением пары функций $f^i(x), f^j(x)$ назовем представление их в виде

$$f^i(x) = h^{i,j}(x) \vee f_{ost}^i(x) \quad (1)$$

$$f^j(x) = h^{i,j}(x) \vee f_{ost}^j(x) \quad (2)$$

Очевидно, что для пары функций $f^i(x), f^j(x)$ дизъюнктивное разложение существует, если $M_{f^i}^1 \cap M_{f^j}^1 \neq \emptyset$.

Введем в рассмотрение соотношение:

$$| M_{f^i}^1 \cap M_{f^j}^1 | > 1. \quad (3)$$

Функции $f^i(x), f^j(x)$, для которых выполняется соотношение (3), будем называть совместимыми.

Функцию $h^{i,j}(x)$, будем называть компонентой связности для функций $f^i(x)$ и $f^j(x)$, а функции $f_{ost}^i(x)$ и $f_{ost}^j(x)$ – остаточными функциями для функций $f^i(x)$ и $f^j(x)$ соответственно.

Как следует из выражений (1-2), компонентами связности функций $f^i(x), f^j(x)$ могут служить функции, задающиеся любыми непустыми подмножествами из множества $M_{f^i}^1 \cap M_{f^j}^1$, однако в дальнейшем будем рассматривать только те, которые представляются максимальным множеством $M_{f^i}^1 \cap M_{f^j}^1$. Это позволит минимизировать размеры остаточных функций. Число элементов в компоненте связности назовем ее мощностью.

Будем считать, что функции системы $f(x)$ доступны как в прямом, так и в инверсном виде. В этом случае, очевидно, для любой системы СДНФ всегда существует дизъюнктивное разложение – т.е. всегда найдется компонента связности $h(x)$ мощности не ниже 1. Остаточные функции будут индивидуальными для каждой функции системы $f(x)$. Их удобно объединить в одну систему $g(x)$. Назовем такое представление системы $f(x)$ ее дизъюнктивным разложением. Очевидно также, что для решения практических задач имеет смысл искать компоненты связности максимальной, по крайней мере, больше единичной мощности.

Функции системы $f(x)$, компонента связности которых имеет мощность w , будем называть w -связными, а саму систему – w -связной.

Понятие компоненты связности и дизъюнктивного разложения можно распространить на любое (содержащее больше одного элемента) множество (подсистему) функций системы $f(x)$. Тогда задачу построения подходящего разложения для системы функций можно свести к поиску подсистемы с компонентой связности заданного размера и выделению «остатка», для которого при необходимости можно будет повторить поиск. Любую, содержащую ровно k функций подсистему системы $f(x)$ будем обозначать через $f_k(x)$, а ее компоненту связности будем обозначать через $h^k(x)$.

Постановка задачи. Выделить в системе $f(x)$ w -связную подсистему, содержащую не менее k ($k > 1$) функций. Для полученной подсистемы построить дизъюнктивное разложение. Из функций, не вошедших в подсистему, образовать подсистему «остаток».

Представим систему $f(x)$, заданную в совершенной дизъюнктивной нормальной форме, парой булевых матриц T, U . Матрица T размерности $l \times n$ задает множество совершенных элементарных конъюнкций ДНФ: i -й строкой ($i = 1, 2, \dots, l$) представлена i -я элементарная конъюнкция. Матрица U размерности $l \times m$ задает вхождения элементарных конъюнкций в СДНФ системы: i -я элементарная конъюнкция входит в j -ю ($j = 1, 2, \dots, m$) СДНФ, если и только если в j -м столбце ее i -й строки содержится 1.

Компоненту связности $h(x)$ и остаточные функции $g(x)$ также будем представлять в матричном виде.

В качестве критерия для оценки качества получаемого разложения будем использовать число литералов. Под литералами будем понимать общее число единиц и нулей в представляющих разложение матрицах. Число литералов в матрице будем называть ее весом.

Рассмотрим пример четырех полностью определенных булевых функций, позаимствованный из работы [1]. В столбце 1 таблицы 1 представлена матрица T , а в столбце 2 – матрица U .

Идея предлагаемого алгоритма состоит в пошаговом формировании w -связной подсистемы путем выбора подходящих функций с учетом их полярности и последующего включения их в подсистему. Числа w и k служат параметрами алгоритма.

Шаг 1. В рассмотрение для каждой функции f^i системы $f(x)$ вводится ее инверсия $\overline{f^i}$. С этой целью в матрицу U для каждого имеющегося столбца добавляется инверсный ему. Полученная «расширенная» матрица B представлена в 3-м столбце таблицы 1. При последующих манипуляциях над столбцами матрицы B всегда будет выбираться лишь один из образовавшейся пары, но не оба сразу.

Шаг 2. Формирование w -связной подсистемы с заданным числом k функций. При этом допускается превышение числа k , если не нарушается условие w -связности.

Первой функцией формируемой подсистемы будет являться функция, представленная столбцом матрицы B максимального веса, если таких несколько – выбирается первая из них. В матрице B помечаются оба столбца, соответствующие выбранной функции.

Для рассматриваемого примера – это 1-й столбец матрицы B , имеющий вес 10. Этот столбец будет задавать компоненту связности $h^1(x)$ для подсистемы, состоящей из единственной функции f^1 . Эта компонента приведена в столбце 4 таблицы 1. Столбцы 1 и 2 матрицы B помечаются.

Затем производится процесс наращивания множества функций искомой подсистемы. Последовательно перебираются непомеченные столбцы матрицы B , и для каждого из них вычисляется результат конъюнкции со столбцом, задающим компоненту связности уже сформированной подсистемы. В подсистему добавляется та функция, для которой вес результата максимален. В рассматриваемом случае это 6-й столбец матрицы B . Компонента связности $h^2(x)$ представлена в 5-м столбце таблицы.

Таким же способом последовательно выбираются 8-й и 3-й столбцы матрицы B . Компоненты связности $h^3(x)$ и $h^4(x)$ для соответствующих подсистем заносятся в 6-й и 7-й столбцы таблицы.

Процесс добавления прекращается, когда среди непомянутых столбцов не найдется ни одного не нарушающего условие w -связности, либо, когда все функции станут помеченными.

Таблица 1. Компоненты связности для дизъюнктивного разложения

1				2				3								4	5	6	7
T				U				B											
x_1	x_2	x_3	x_4	f^1	f^2	f^3	f^4	f^1		f^2		f^3		f^4		$h^1(x)$	$h^2(x)$	$h^3(x)$	$h^4(x)$
								1	2	3	4	5	6	7	8				
0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1
0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0
0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1
0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1
0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0
1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1
1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1
1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0

Одновременно с формированием w -связной подсистемы формируется булев вектор длины $2 \times t$, отмечающий своими единичными компонентами вхождения функций в w -связную подсистему. Этот вектор понадобится при выборе алгебраической формулы для представления разложения.

Шаг 3. Если w -связная подсистема получена, то проводится ее дизъюнктивное разложение. В противном случае для заданных параметров задача не имеет решения.

Столбец, задающий компоненту связности, своими единицами определяет строки исходной матрицы T , которые вошли в $h(x)$. Набор этих строк представлен в столбце 1 таблицы 2.

Множество остаточных функций будем представлять парой булевых матриц. Первая матрица будет задавать множество элементарных конъюнкций, а вторая – вхождения конъюнкций в соответствующие остаточные функции.

В столбце 5 таблицы 2 представлены элементарные конъюнкции, а в 6-м заданы вхождения их в остаточные функции. Отметим, что множества конъюнкций из 1-го и 5-го столбцов таблицы 2 не должны пересекаться.

Шаг 4. Для каждой функции подсистемы в соответствии с полярностью выбирается формула для реализации дизъюнктивного разложения системы. В нашем случае это

$$f^1 = h(x) / f^1_{ost}, f^2 = h(x) / f^2_{ost}, f^3 = \wedge(h(x) / f^3_{ost}), f^4 = \wedge(h(x) / f^4_{ost}).$$

Отметим, что функции f^3 и f^4 вошли в разложение в инверсном виде.

Шаг 5. Компонента связности и подсистема остаточных функций минимизируются в классе ДНФ с учетом полярности функций. Результат минимизации представлен в таблице 2.

Шаг 6. В случае, если число функций, вошедших в подсистему, меньше m , путем удаления из исходной системы помеченных функций формируется «остаток».

Для остатка описанная процедура повторяется до тех пор, пока все функции не распределятся по w -связным подсистемам, либо на какой-то итерации не получится выделить подсистему с заданными параметрами.

Таблица 2. Компонента связности, остаточные функции и их минимизированные представления для дизъюнктивного разложения

	$h(x)$		$g(x)$		Минимизированная $h(x)$		Минимизированная $g(x)$	
	1	2	3	4	5	6	7	8
	$x_1 x_2 x_3 x_4$	$h^4(x)$	$x_1 x_2 x_3 x_4$	$f^1 f^2 f^3 f^4$	$x_1 x_2 x_3 x_4$	$h^4(x)$	$x_1 x_2 x_3 x_4$	$f^1 f^2 f^3 f^4$
ДНФ	0 0 0 1	1	0 0 1 0	1 0 1 1	1 0 1 -	1	1 1 0 1	0 0 1 0
	0 0 1 1	1	0 1 1 0	0 1 0 0	0 - 0 1	1	0 1 1 -	0 1 0 0
	0 1 0 1	1	0 1 1 1	1 1 0 1	- 0 1 1	1	1 0 0 1	0 0 1 1
	1 0 1 0	1	1 0 0 1	1 0 1 1			1 - 0 1	1 0 0 0
	1 0 1 1	1	1 1 0 1	1 0 0 0			0 0 1 0	1 0 1 1
			1 1 1 0	0 0 1 0			- 1 1 1	1 0 0 1
		1 1 1 1	1 0 0 1					
Вес	81				61			

Конъюнктивное разложение системы ДНФ. Совместным конъюнктивным разложением пары функций $f^i(\mathbf{x})$, $f^j(\mathbf{x})$ назовем их представление в виде

$$f^i(\mathbf{x}) = z^{i,j}(\mathbf{x}) \& q_{ost}^i \quad (4)$$

$$(5)$$

$$f^j(\mathbf{x}) = z^{i,j}(\mathbf{x}) \& q_{ost}^j$$

Очевидно, что для пары функций $f^i(\mathbf{x})$, $f^j(\mathbf{x})$ совместное конъюнктивное разложение существует, если

$$M_{f^i}^0 \cap M_{f^j}^0 \neq \emptyset. \quad (6)$$

В этом случае функцию $z^{i,j}(\mathbf{x})$ будем называть компонентой связности для функций $f^i(\mathbf{x})$ и $f^j(\mathbf{x})$, а функции q_{ost}^i и q_{ost}^j – остаточными функциями для функций $f^i(\mathbf{x})$ и $f^j(\mathbf{x})$ соответственно.

Задача. Выделить в системе $f(\mathbf{x})$ w -связную подсистему, содержащую не менее k ($k > 1$) функций. Для полученной подсистемы построить конъюнктивное разложение. Из функций, не вошедших в подсистему, образовать подсистему «остаток».

Алгоритм решения этой задачи в целом подобен описанному выше. Существенные различия проиллюстрируем на этом же примере.

Шаг 2. Формирование w -связной подсистемы с заданным числом функций.

Первую функцию подсистемы образует функция, представленная столбцом максимального веса, для рассматриваемого примера – это 1-й столбец матрицы В, имеющий вес 10. Этот столбец будет задавать компоненту связности $z^1(x)$ для подсистемы, состоящей из единственной функции f^1 . Компонента связности $z^1(x)$ приведена в столбце 4 таблицы 3.

Затем происходит процесс наращивания множества функций искомой подсистемы. Последовательно перебираются непомятые столбцы матрицы В, и для каждого из них вычисляется результат дизъюнкции со столбцом, задающим компоненту связности сформированной подсистемы. В подсистему добавляется та функция, для которой вес результата минимален. В рассматриваемом случае это 6-й столбец матрицы В. Новая компонента связности представлена в 5-м столбце таблицы 3.

Таким же способом поочередно выбираются 8-й и 3-й столбцы матрицы В. Компоненты связности для соответствующих подсистем заносятся в 6-й и 7-й столбцы таблицы.

Таблица 3. Компоненты связности для конъюнктивного разложения

1				2				3								4	5	6	7
T				U				B											
x_1	x_2	x_3	x_4	f^1	f^2	f^3	f^4	f^1		f^2		f^3		f^4		$z^1(x)$	$z^2(x)$	$z^3(x)$	$z^4(x)$
								1	2	3	4	5	6	7	8				
0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1
0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0
0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1
0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1
0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1
0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1
1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1
1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1
1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1
1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1
1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1

Шаг 3. Для полученной подсистемы проводится ее конъюнктивное разложение. Результат разложения и последующей минимизации представлен в таблице 4.

Таблица 4. Компонента связности, остаточные функции и их минимизированные представления для конъюнктивного разложения

	$h(x)$				$g(x)$				Минимизируемая $h(x)$		Минимизированная $g(x)$														
	1	2	3	4	5	6	7	8	5	6	7	8													
	x_1	x_2	x_3	x_4	$z^4(x)$	x_1	x_2	x_3	x_4	f^1	f^2	f^3	f^4												
ДНФ	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	-	-	0	1	0	1	1	-	0	1	0	0
	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0				1	-	1	0	0	0	1	0
	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1					1	0	1	-	0	1	0	0
	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1					-	0	1	1	0	1	0	0

Продолжение таблицы 4

	1	2	3	4	5	6	7	8
ДНФ			0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 0 1 1 0 1 0 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 1	0 1 0 0 1 1 0 1 1 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1			0 - 0 1 - - 1 1 - - - 1 - 0 - 1 - 0 1 -	0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1
Вес	116				61			

аг 4. Для каждой функции подсистемы в соответствии с полярностью выбирается формула для реализации дизъюнктивного разложения системы. В нашем случае это

$$f_1 = \wedge z(x) \& f^1_{ost}, f_2 = \wedge z(x) \& f^2_{ost}, f_3 = \wedge z(x) \& f^3_{ost}, f_4 = \wedge z(x) \& f^4_{ost}.$$

Отметим, что функции $z(x)$, f^3_{ost} и f^4_{ost} вошли в разложение в инверсном виде.

Пример проверки влияния процедуры выделения связанных подсистем функций на их сложность. Рассмотрим пример работы этой программы. За основу взята рассмотренная выше система функций. В нее добавлено пять новых функций. Полученная система и результат ее минимизации в классе ДНФ программой ESPRESSO из системы FLC представлены в таблице 5. Исходная система имеет вес 228, а минимизированная – 150.

Таблица 5. Исходная система и результат ее минимизации

	Исходная									Минимизированная																
	x_1	x_2	x_3	x_4	f^1	f^2	f^3	f^4	f^5	f^6	f^7	f^8	f^9	x_1	x_2	x_3	x_4	f^1	f^2	f^3	f^4	f^5	f^6	f^7	f^8	f^9
ДНФ	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	-	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1
	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1
	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0
	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1
	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1
	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	-	-	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	-	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0
	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	-	1	1	0	0	1	1	1	0	0
	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	-	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0
	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0
	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1													
	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0													
	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1													
	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1													
Вес	228									150																

Таблица 6. Компонента связности и остаточные функции и их минимизированные представления для дизъюнктивного разложения

	Разложение				Минимизированная			
	$h(x)$		$g(x)$		$h(x)$		$g(x)$	
	$x_1 x_2 x_3 x_4$	$z^4(x)$	$x_1 x_2 x_3 x_4$	$f^1 f^2 f^3 f^4 f^5 f^6 f^7 f^8 f^9$	x_1 x_2 x_3 x_4	$z^4(x)$	$x_1 x_2$ $x_3 x_4$	$f^1 f^2 f^3 f^4 f^5 f^6 f^7 f^8 f^9$
ДНФ	0 0 0 1	1	0 0 0 0	0 0 0 0 0 1 0	1 0	1	0 0	0 0 0 0 0 1 0
	0 0 1 1	1	0 0 1 0	0 0	1 -	1	0 0	0 0
	0 1 0 1	1	0 1 1 0	1 0 1 1 0 0 0	0 -	1	1 1	0 0 1 0 0 0 1
	1 0 1 0	1	0 1 1 1	0 0	0 1		1 0	0 0
	1 0 1 1	1	1 0 0 1	0 1 0 0 0 0 0	- 0		0 1	0 1 0 0 0 0 0
			1 1 0 1	0 0	1 1		1 -	0 0
			1 1 1 0	1 1 0 1 1 1 0			0 1	0 0 0 0 0 1 0
			1 1 1 1	0 1			1 1	0 1
				1 0 1 1 1 1 0			1 1	1 0 0 0 0 0 1
				0 0			0 1	0 1
				1 0 0 0 0 0 1			0 0	1 0 1 1 0 0 0
				0 1			1 0	0 0
				0 0 1 0 0 0 1			1 0	1 0 1 1 1 1 0
				0 0			0 1	0 0
				1 0 0 1 1 0 0			- 1	1 0 0 1 1 0 0
				0 0			1 1	0 0
Вес	129				114			

Для рассматриваемого примера с помощью разработанной программы для параметров $w=5$, $k=4$ было построено дизъюнктивное разложение. Полученный результат и его минимизированное представление приведены в таблице 6. Как следует из таблиц 5 и 6 число литералов в минимизированных представлениях удалось сократить со 150 до 114.

Заключение. Уменьшить площадь получаемых в процессе синтеза комбинационных нерегулярных логических схем можно с помощью логической оптимизации исходных описаний. Одним из наиболее эффективных способов логической оптимизации является минимизация BDD-представлений систем булевых функций. Хорошим средством для улучшения конечных схемных решений может служить предварительная обработка исходных систем с помощью программ построения дизъюнктивно-конъюнктивных разложений. Проведенное исследование показало, что более, чем в половине исследованных случаев применение разработанных программ приводило к получению более эффективных схемных решений. При этом использование разработанных программных средств может сократить площадь получаемых схем на 25 процентов.

Список использованных источников

- [1] Закревский, А. Д. Логические основы проектирования дискретных устройств / А. Д. Закревский, Ю. В. Поттосин, Л. Д. Черемисинова. – М.: Физматлит, 2007. – 592 с.
- [2] Бибило, П. Н. Декомпозиция булевых функций на основе решения логических уравнений / П. Н. Бибило. – Минск: Беларус. навука, 2009. – 211 с.
- [3] Кузнецов, О. П. О программной реализации логических функций и автоматов / О. П. Кузнецов // Автоматика и телемеханика. – 1977. – № 7. – С. 63–74.
- [4] Бибило, П.Н. Дизъюнктивно-конъюнктивные разложения систем полностью определенных булевых функций / П.Н. Бибило, С.Н. Кардаш / Доклады Восьмой Международной научной конференции «Танаевские чтения», 27–30 марта 2018 г. – Минск, ОИПИ НАН Беларуси, 2018 г. – С. 28–32.
- [5] Akers, S. B. Binary decision diagrams / S. B. Akers // IEEE Trans. on Computers. – 1978. – Vol. C-27, no. 6. – P. 509–516.

[6] Бибило П.Н., Романов В.И. Логическое проектирование дискретных устройств с использованием производственно-фреймовой модели представления знаний. Изд. 2-е, испр. – М.: ЛЕНАНД, 2014, 256 с.6.
Бибило, П.Н. Кремниевая компиляция заказных СБИС. - Минск: Институт технической кибернетики АН Беларуси, 1996. - 268 с.

FUNCTIONAL EXPANSIONS OF SYSTEM OF BOOLEAN FUNCTIONS

S.N.KARDASH,

*Senior Research Fellow of the United Institute of Informatics
Problems of the National Academy of Sciences of Belarus, PhD*

Research Institute for Applied Problems of Mathematics and Informatics of the Belarusian State University, Republic of Belarus

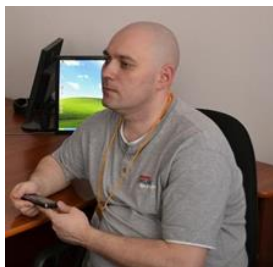
E-mail: kardash77@gmail.com

Abstract. Algorithms for constructing joint (using common subfunctions) expansions of systems of Boolean functions are proposed. The algorithms are oriented for use in the synthesis of combinational logic circuits from library CMOS elements.

Keywords: Disjunctive normal forms (DNF) of Boolean functions, connectedness.

УДК 004.852

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СМЕРТНОСТИ У ПАЦИЕНТОВ С COVID-19 В УСЛОВИЯХ СТАЦИОНАРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИБЛИОТЕКИ CONFORMAL PREDICTION В KNIME



М.И. Гальченко
старший статистический
аналитик HiQo Solutions Ltd;
старший преподаватель
ФГБОУ ВО СПбГАУ



О.Я. Порембская
кандидат медицинских наук, доцент
кафедры сердечно-сосудистой
хирургии СЗГМУ им. И.И.Мечникова

HiQo Solutions, Ltd, USA

Кафедра Электроэнергетики и Электротехники

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский Государственный Аграрный Университет, РФ

СЗГМУ им. И.И.Мечникова

E-mail: maxim.galchenko@gmail.com

М.И. Гальченко

Окончил Санкт-Петербургский Государственный Университет. Старший статистический аналитик в HiQo Solutions Ltd., старший преподаватель Санкт-Петербургского Государственного Аграрного Университета.

О.Я. Порембская

Направление деятельности: флебология. В настоящее время работает хирургом и доцентом кафедры сердечно-сосудистой хирургии СЗГМУ им. И.И.Мечникова, научным сотрудником «Института экспериментальной медицины»

Аннотация. Прогнозирование исхода COVID-19 у стационарных больных изначально представляло серьёзную проблему. В статье анализируется набор данных, собранный на основе двух стационаров (ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова» Клиника имени Петра Великого и ФГБУ «Клиническая больница №1» Управления делами Президента РФ (Волынская больница) г. Москвы), всего 313 пациентов, из которых умерло 61 (19.5%). Для прогнозирования использовался KNIME Analytics Platform, библиотека Conformal Prediction. В статье показываются преимущества данного метода, рассматривается вопрос отбора базового алгоритма для конформного прогнозирования (Мондриановской классификации)

Ключевые слова: конформное прогнозирование, смертность, COVID-19, Мондриановская классификация

Введение.

Пандемия COVID-19 вызвала бурный рост публикаций, связанных с прогнозированием. Авторы прогнозов решали две задачи: изучение динамики процесса (пики заболеваемости, количество умерших) [1, 2], вторая — прогнозирование исхода, риска смерти в стационарных условиях [3-5]. Особый интерес представляет второй случай, так как выявление маркеров тяжёлого течения, высокого риска смерти важно с точки зрения стратегии лечения.

Авторы исследований используют достаточно большие объёмы данных (250 [5], 2782 [4] и 11 807 [3] пациентов в отобранных работах). В качестве предикторов выступают данные

лабораторных исследований, в основном результаты анализов крови.

Алгоритмы, используемые в отобранных исследованиях, относятся к различным классам:

- Рекуррентная нейронная сеть GRU-D (AUC 0.938) [3]
- Random forest, GBM, логистическая регрессия (0.93) [4]
- SIMPLS (AUC > 0.85) [5]

Наиболее важные показатели, выделяемые авторами:

- возраст, индекс коморбидности Чарльсона, минимальная сатурация кислорода, уровни фибриногена и уровень сывороточного железа [3];
- ЛДГ, D-димер, нейтр/лимфа, нейтрофилы %, фибриноген, СРБ, рентгенограмма грудной клетки Brescia, лимфоциты %, ферритин стандарт, моноциты % [4];
- ИБС, диабет, возраст > 65 лет, AMS, деменция (топ 5) [5]

Таким образом, можно заключить, что достаточно высокие показатели качества модели могут быть достигнуты при использовании хорошо известных показателей. Однако, стоит отметить и то, что часто недоступны показатели лабораторных исследований в динамике, а некоторые из них могут быть достаточно дорогостоящими. Применяемые алгоритмы достаточно хорошо описаны, но, при этом, стоит отметить то, что различия в протоколах лечения может существенно исказить картину. Кроме того, задача классификации в её классическом виде, не выявляет пограничных состояний, то есть состояний требующих особого внимания, когда в реальности состояние пациента может приблизительно равновероятно отнести его как к классу «Выжил», так и к классу «Умер».

В такой ситуации выглядит оправданным конформное прогнозирование. «Конформное прогнозирование использует прошлый опыт для определения точных уровней достоверности прогнозов. Учитывая вероятность ошибки ϵ , метод, который делает предсказание y' метки y , конформное прогнозирование создает набор меток, обычно содержащих y' , который также содержит y с вероятностью $1 - \epsilon$ » [6].

Особенности и ограничения метода:

- Данные должны быть неупорядочены.
- Распределения в тестовых и обучающих данных могут различаться, но шаблоны связей между предикторами и целевыми переменными должны быть такими же.
- В качестве базового метода прогнозирования может выступать любой, дающий вероятности принадлежности к классам отдельного наблюдения (в случае классификации).
- Не требуется коррекции выборки в случае скошенности в целевой переменной.

Фактически, конформное прогнозирование — надстройка над известными методами прогнозирования, позволяющая учитывать его неопределённость. В статье исследуется применение конформного прогнозирования (а именно Мондриановской классификации) с использованием KNIME к данной задаче.

Материалы и методы.

Исходный набор данных был собран в 2021-2022 году в ФГБОУ ВО «СЗГМУ им. И.И. Мечникова» Клиника имени Петра Великого и ФГБУ «Клиническая больница №1» Управления делами Президента РФ (Волынская больница) г. Москвы Набор данных содержит информацию о 313 пациентах, заболевание которых было подтверждено ПЦР-тестом на COVID-19. Пациенты проходили стационарное лечение. Исход определялся как «выжил» либо «умер». Количество умерших составляет 19.5% (61 пациент). В качестве изучаемых предикторов были отобраны половозрастные характеристики, а также ряд показателей лабораторных исследований крови (табл. 1).

Таблица 1. Показатели, используемые в моделировании

Показатель	Описание
Возраст	Возраст пациента, лет
Пол	Пол пациента
ИМТ	Индекс массы тела
Лейкоциты	Группы: $< 3 \times 10^9/\text{л}$ или $\geq 3 \times 10^9/\text{л}$
Лимфоциты	Группы: $< 1 \times 10^9/\text{л}$ или $\geq 1 \times 10^9/\text{л}$
Тромбоциты	Группы: $> 100 \times 10^9/\text{л} - 0$, $< 100 \times 10^9/\text{л} - 1$, $< 50 \times 10^9/\text{л} - 2$
Д-Димер, группы	Группы: Д-димер < 500 мкг/л, Д-димер > 500 и ≤ 1500 ; Д-димер > 1500 и ≤ 3000 ; Д-димер > 3000
Фибриноген, группы	Группы: 2-4 г/л; < 2 г/л; > 4 и ≤ 5 г/л; > 5 и ≤ 9 г/л; > 9 г/л
АЛТ	Группы: < 40 Ед/л, ≥ 40 и < 100 Ед/л, ≥ 100 и < 200 Ед/л, ≥ 200 и < 300 Ед/л, ≥ 300 и < 400 Ед/л, ≥ 400 Ед/л
АСТ	Группы: < 40 Ед/л, ≥ 40 и < 100 Ед/л, $\geq 100-150$ Ед/л, ≥ 150 Ед/л
Ферритин	Группы: < 200 мкг/л — 0, ≥ 200 и < 500 мкг/л — 1, ≥ 500 и < 1000 мкг/л — 2, ≥ 1000 и < 1500 мкг/л — 3, ≥ 1500 и < 2000 мкг/л — 4, ≥ 2000 мкг/л — 5

Для изучения возможности прогнозирования использовался KNIME Analytics Platform, с установленной библиотекой “Conformal Prediction” компании Redfield AB (Швеция).

Результаты.

Важность факторов была оценена с помощью Predictive Power Score (PPS) с использованием логистической регрессии (рис. 1).

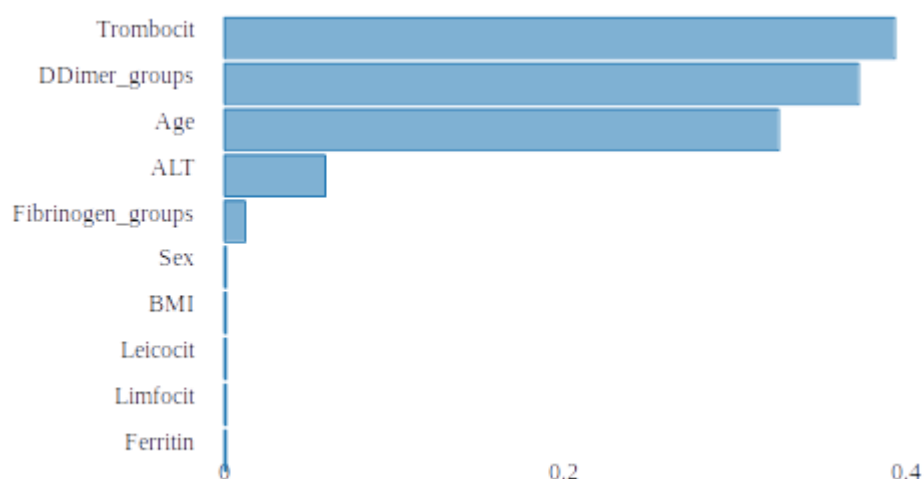


Рисунок 1. Относительная важность факторов, PPS.

Как видно, наиболее перспективными для прогнозирования являются показатели уровня тромбоцитов (0.393), уровень Д-Димера (0.372), возраст (0.325), АЛТ (0.059), уровень фибриногена (0.012). Частично показатели, используемые в данном исследовании,

отмечались и ранее другими авторами как наиболее важными в исследованиях, описанных во введении. Стоит отметить факторы Д-Димер, Фибриноген, возраст, которые входят в эти списки. Уровень тромбоцитов авторами прошлых исследований как один из наиболее важных не отмечался.

В качестве перспективных алгоритмов для моделирования были отобраны: логистическая регрессия, Gradient Boosted Trees, Random Forest и Bayesian Net. Так как наблюдается значительная скошенность в классах, предварительно обучающая выборка для Gradient Boosted Trees исправлялась с помощью алгоритма SMOTE. Тестовая выборка составляет 30% от исходной. Кросс-валидация проводилась на 10 выборках (средний размер — 50 экземпляров). Результаты моделирования (таблица 2) позволили отобрать в качестве базовых алгоритмов для конформного прогнозирования Bayesian Net и Gradient Boosted Trees Learner.

Таблица 2. Показатели качества моделей, выделены наилучшие результаты

Показатель	Логистическая регрессия	Gradient Boosted Trees Learner	Random Forest	Bayesian Net
Ошибка кросс-валидации	11.5%	9.3%	11.8%	9.3%
Точность, %	84.04%	89.36%	88.30%	89.36%
F (класс «Умер»)	66.67%	73.68%	64.52%	77.27%
Чувствительность (класс «Умер»), %	83.33%	77.78%	55.56%	94.44%
Специфичность (класс «Умер»), %	84.21%	92.11%	96.05%	88.16%
Каппа Коэна	0.567	0.670	0.577	0.706

Bayesian Net выглядит предпочтительнее за счёт высокой чувствительности по классу «Умер» (99.4%) и высокой каппы Коэна (0.706), показывающей хорошую согласованность результатов.

Конформное прогнозирование предполагает создание двух объектов для дальнейшего прогнозирования: калибровочной таблицы и модели, на основании которой она создана. Калибровочная таблица является некоторым аналогом валидационного набора данных, она выделяется из обучающей выборки и подаётся на вход для прогнозирования. Помимо прогнозируемого класса, полученного на основе модели, калибровочная таблица дополняется вероятностью принадлежности к реальному классу, полученной в результате прогнозирования. Калибровочная таблица ранжирована по классам и вероятностям принадлежности к реальному классу. Так как необходимо достигнуть устойчивости при прогнозировании процедура построения модели и калибровочной таблицы выполняется заданное количество раз (формируется цикл), деление обучающего набора на непосредственно обучающий и калибровочный осуществляется в заданном процентном соотношении. Для выполнения этих операций используются специфические узлы Conformal Calibration Loop Start и Conformal Calibration Loop End, Conformal Calibrator и узлы выбранного алгоритма прогнозирования, узел формирования таблицы моделей (рис. 2).

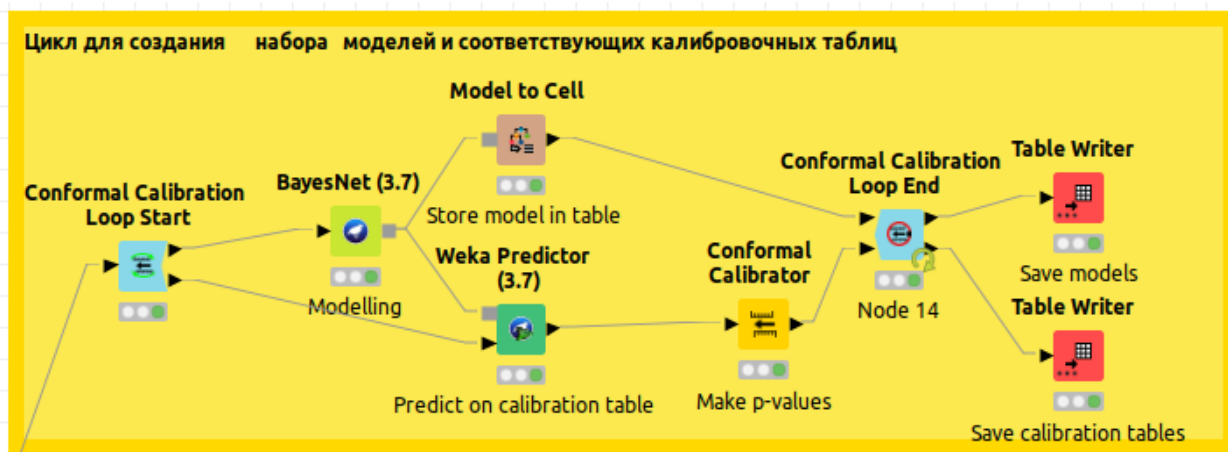


Рисунок 2. Фрагмент потока KNIME: цикл для построения объектов конформного прогнозирования (Мондриановская классификация).

Результаты могут быть сохранены в таблицах KNIME (внутренний формат, позволяющий использовать табличную структуру для сложных объектов), что даёт возможность эффективно разделять обучение и прогнозирование.

Прогнозирование осуществляется с применением Conformal Prediction Loop Start и Conformal Calibration Loop End, Conformal Predictor, Conformal Classifier и узла выбранного алгоритма прогнозирования (рис. 3). Особо стоит отметить необходимость задания порогового p-value, которое определяется как некоторое стандартизованное значение, либо из соображений оптимизации показателей качества. В данном исследовании пороговое значение фиксировано, равно 0.05.

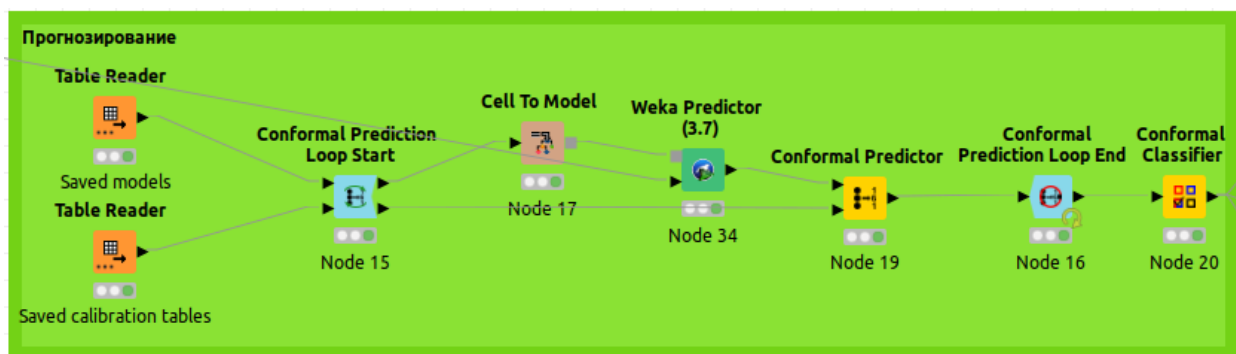


Рисунок 3. Фрагмент потока KNIME: цикл для прогнозирования на тестовой выборке/новых данных.

Для оценки качества прогноза для Мондриановской классификации определяются два показателя: Эффективность (Efficiency) - доля однозначно классифицированных записей (вне зависимости от корректности), Валидность (Validity) - доля корректно классифицированных записей. Необходимо учитывать, что если реальное значение входит в набор меток, получаемых в результате конформной классификации, прогноз считается верным. Эффективность и валидность вычисляется по классам [6]. Так как запись в тестовом наборе данных может принадлежать к нескольким классам одновременно в результате классификации классические методы оценки дают некорректные результаты.

В данном случае для класса «Выжил» эффективность 84%, валидность 98%. Для класса «Умер» эффективность 58%, валидность 92%. Если валидность рассчитывать по выборке в целом и интерпретировать как точность в условиях неопределённости, можно говорить о повышении качества прогноза относительно полученной точности в 89% ранее. Неверно (однозначно) классифицированы только две записи из 63 в тестовой выборке, что соответствует 97%. Для двух пациентов с однозначной ошибочной классификацией были вычислены значения вектора Шепли (SHAP values) с использованием классического прогнозирования с применением Bayesian Net (рис. 4).

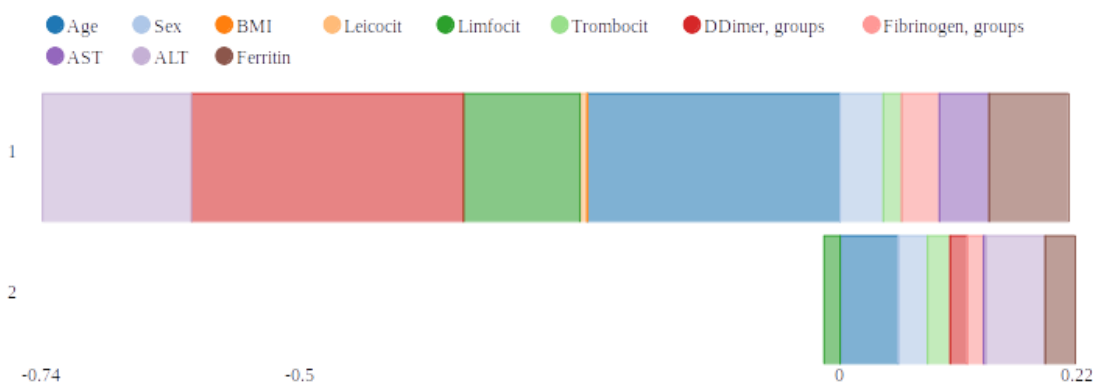


Рисунок 4. Пациент 1 выжил, хотя модель отнесла его к классу «Умер» (отрицательные значения для: Д-Димер = 5, Возраст = 78, АЛТ = 0 и Лимфоциты = 1), Пациент 2 умер, значение отрицательно только для показателя Лимфоциты = 1.

Для пациента 1, ошибочно отнесённого к классу умерших высок риск летального исхода. Высокий Д-димер, фибриноген, в сочетании с ожирением. Но органной недостаточности нет, что говорит в пользу благоприятного исхода. Для пациента 2, всё же, сочетание показателей, плюс ожирение говорит в пользу неблагоприятного прогноза. Для данного пациента необходимо дополнительное исследование факторов, их соответствия прочим случаям неблагоприятного течения заболевания.

Для случаев с неопределённым исходом, когда вероятность смерти и выживания выше порогового значения, анализ показателей действительно выявляет интерпретируемые как негативные комбинации с клинической точки зрения. Так, для части пациентов комбинация отдельных факторов говорит об остром воспалительном процессе, прочих рисках. Таким образом, использование конформного прогнозирования вполне себя оправдывает.

Заключение. Конформное прогнозирование позволяет улучшить качество модели, применение связки Bayesian Net и конформного прогнозирования выглядит многообещающе в рамках данной задачи. Возникающая неопределённость в прогнозируемом исходе даёт возможность реагировать более гибким образом на возникающую возможность смертельного исхода. KNIME может быть использован как инструмент построения потока для прогнозирования исхода и сохранения результатов в привычном виде для врачей, а именно рабочих книг формата XLSX.

Список использованных источников

[1] Barcellos, D.d.S., Fernandes, G.M.K. & de Souza, F.T. Data based model for predicting COVID-19 morbidity and mortality in metropolis. Sci Rep 11, 24491 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-04029-6> (URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-04029-6>)

[2] Zulfany Erlisa Rasjid, Reina Setiawan, Andy Effendi, A Comparison: Prediction of Death and Infected COVID-19 Cases in Indonesia Using Time Series Smoothing and LSTM Neural Network, Procedia Computer Science, Volume 179, 2021, Pages 982-988, ISSN 1877-0509, <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.102>. (URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050921001368>)

[3] Sankaranarayanan S, Balan J, Walsh JR, Wu Y, Minnich S, Piazza A, Osborne C, Oliver GR, Lesko J, Bates KL, Khezeli K, Block DR, DiGuardo M, Kreuter J, O'Horo JC, Kalantari J, Klee EW, Salama ME, Kipp B, Morice WG, Jenkinson G COVID-19 Mortality Prediction From Deep Learning in a Large Multistate Electronic Health Record and Laboratory Information System Data Set: Algorithm Development and Validation *J Med Internet Res* 2021;23(9):e30157 doi: 10.2196/30157 (URL: <https://www.jmir.org/2021/9/e30157>)

[4] Garrafa E, Vezzoli M, Ravanelli M, et al. Early prediction of in-hospital death of COVID-19 patients: a machine-learning model based on age, blood analyses, and chest x-ray score. *Elife*. 2021;10:e70640. Published 2021 Oct 18. doi:10.7554/eLife.70640

[5] Banoei, M.M., Dinparastisaleh, R., Zadeh, A.V. et al. Machine-learning-based COVID-19 mortality prediction model and identification of patients at low and high risk of dying. *Crit Care* 25, 328 (2021). <https://doi.org/10.1186/s13054-021-03749-5>

[6] Shafer G., Vovk V. A tutorial on conformal prediction // *Journal of Machine Learning Research*. – 2008. – Т. 9. – №. Mar. – С. 371-421.

PREDICTION OF MORTALITY FOR COVID-19 PATIENTS IN A HOSPITAL SETTING USING THE «CONFORMAL PREDICTION» LIBRARY IN KNIME

M.I. GALCHENKO

Senior Statistical Analyst at HiQo Solutions Ltd; Senior Lecturer, St. Petersburg State Agrarian University

O.Ya. POREMBSKAYA,

MD, Associate Professor of the Department of Cardiovascular Surgery, North-Western State Medical University. I.I. Mechnikova

*Department of Power Engineering and Electrical Engineering
FSBEI HE St. Petersburg State Agrarian University, Russian Federation
HiQo Solutions, Ltd, USA
North-Western State Medical University. I.I. Mechnikova
E-mail: maxim.galchenko@gmail.com*

Abstract. Predicting the mortality for COVID-19 patients was initially a challenge. The article analyzes a data set collected on the basis of two hospitals (FGBOU VO "North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov" Clinic named after Peter the Great and FGBU "Clinical Hospital No. 1" of the Administration of the President of the Russian Federation (Volynskaya Hospital) in Moscow), total 313 patients, of which 61 (19.5%) died. KNIME Analytics Platform, Conformal Prediction library was used for forecasting. The article shows the advantages of this method, considers the issue of selecting a basic algorithm for conformal forecasting (Mondrian classification)

Keywords: conformal prediction, mortality, COVID-19, Mondrian classification

УДК [577.175.47+ 616.414]: 004.891.2

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕФЕРЕНТНЫХ ИНТЕРВАЛОВ РАЗЛИЧНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ РАЗВИТИИ КОМПЕНСАТОРНЫХ РЕАКЦИЙ В ОРГАНИЗМЕ



О.С. Спиридонова
аналитик данных
ООО "HiQo-Solutions"



Н.В. Карлович
врач-эндокринолог, кандидат
медицинских наук

ООО "HiQo-Solutions"

Белорусский государственный медицинский университет, Республика Беларусь

E-mail: olyasprdnv@gmail.com

О.С. Спиридонова

Работает в HiQo-Solutions в должности системного аналитика.

Н.В. Карлович

Врач-эндокринолог, высшая квалификационная категория, кандидат медицинских наук. Является членом Белорусской ассоциации врачей, Белорусской ассоциации эндокринологов, БОМО «Эндокринология и метаболизм», Европейской ассоциации эндокринологов.

Аннотация. Определение оптимальных значений параметров, уровни которых начинают резко возрастать при наличии различных патологий, и развивающихся вследствие этого компенсаторных механизмов является актуальной задачей на сегодняшний день. В работе описывается методика для определения референтных интервалов различных показателей при развитии компенсаторных реакций в организме. Основными этапами данной методики являются понижение размерности и кластеризация данных. Кластеризация пациентов осуществляется не на исходных значениях параметров, а на данных, свернутых автоэнкодером, что позволяет кластеризовать пациентов по наиболее ключевым комбинациям признаков. Алгоритм данной методики может быть применен в различных областях для более качественного контроля медикаментозной терапии при лечении различных патологий, сопровождающихся компенсаторными изменениями показателей.

Ключевые слова: кластеризация, понижение размерности, автоэнкодер, компенсаторные механизмы.

Введение.

При развитии патологических процессов в организме, для поддержания гомеостаза начинают действовать различные компенсаторные механизмы. Результатом таких процессов является повышение или понижение некоторых параметров до уровней, сильно отличающихся от нормы, что именно и обеспечивает нормальное функционирование организма в условиях патологии. Так, например, повышение уровня гемоглобина у курящих лиц, является следствием снижения сатурации кислорода, в связи с изменением легочной ткани под воздействием никотина и смол. Повышение гемоглобина выше нормы, способствует удержанию в норме сатурации у курящих лиц [1]. Важным моментом является знание граничных значений параметров, при которых уже необходимо назначать коррекцию. На сегодняшний момент, определение оптимальных уровней данных параметров при развитии компенсаций, является актуальной задачей, что позволит не

пропустить момент начала коррекции. Цель исследования – разработать методику с применением нейросетевых алгоритмов, для определения референтных интервалов различных показателей при развитии компенсаторных реакций в организме.

Материалы и методы.

Для разработки и апробации методики были взяты 2 исследования. Первое исследование в области эндокринологии, для определения референтных интервалов паратгормона (ПТГ) у пациентов с различными стадиями хронической болезни почек (ХБП). При наличии ХБП, для поддержания в норме параметров костного обмена, развивается компенсаторное повышение уровня паратгормона. Вследствие этого, у пациентов с ХБП становится проблематичным выявление истинного повышения данного гормона, при котором требуется медикаментозная коррекция. Анализ данных осуществляли с помощью пакета прикладных программ STATISTICA 10,0 (Stat Soft, 2001) и Anaconda (Python), изучение статистических параметров распределения признаков – с использованием методов описательной статистики. Для сравнения групп между собой применяли соответствующие параметрические и непараметрические тесты. Проверку соответствия реального распределения переменных нормальному осуществляли с помощью теста Колмогорова–Смирнова. Критический уровень значимости при доверительном оценивании параметров распределения принимали равным 0,05. Первоначальная задача при разработке методики определения референтного интервала паратгормона заключалась в том, чтобы разбить (кластеризовать) пациентов на группы в зависимости от состояния костного обмена и выделить группу с наиболее оптимальными показателями. Первоначально, для понижения размерности применяли нейросетевой алгоритм (автоэнкодер), состоящий из энкодера и декодера. Входной слой состоял из 21 нейрона. Энкодер состоял из двух слоев: 63 нейрона в первом слое и 42 нейрона во втором. Декодер имел соответствующую структуру, но слои располагались в обратном порядке. Скрытый слой состоял из 3 нейронов. Данное ограничение на количество нейронов в скрытом слое позволяло модели отбирать наиболее значимые параметры (комбинации параметров) и более качественно проводить кластеризацию. Далее на модель подавали обучающие данные. Сигнал снимался со скрытого слоя и обрабатывался с помощью методов кластеризации без учителя (метод k-средних, DBSCAN). Далее в сформированных группах и подгруппах был проведен анализ выживаемости пациентов, методом Каплана–Мейера. В соответствии с результатами кластеризации и анализа выживаемости устанавливали группу с оптимальным состоянием костного метаболизма. Значения уровня ПТГ в данной группе принимали за референтный интервал [2]. Второе исследование, проводилось в области кардиологии, для определения референтных значений параметров микроциркуляции бульбарной конъюнктивы глаза у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями [3]. Методика определения референтных интервалов была в целом идентична первому исследованию. Кластеризация проводилась на параметрах транспорта кислорода у пациентов с сердечно-сосудистыми заболеваниями. После выделения группы пациентов с наиболее оптимальными параметрами транспорта кислорода, определялись референтные значения параметров микроциркуляции бульбарной конъюнктивы глаза.

Результаты.

Одним из основных моментов являлось то, что кластеризация производилась не на исходных значениях параметров костного обмена, а на данных, свернутых автоэнкодером, что позволило кластеризовать пациентов по наиболее ключевым комбинациям признаков. На рисунке 1 приведены результаты кластеризации методом k-средних, параметров костного обмена после понижения размерности, полученных со скрытого слоя автоэнкодера.

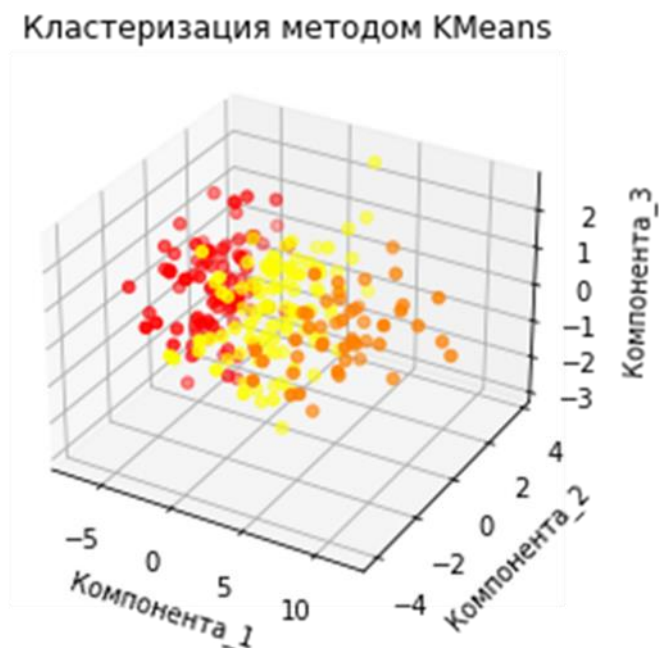


Рисунок 1. Кластеризация пациентов методом K-means на скрытом слое автоэнкодера

Функция минимизации на тестовых данных при понижении размерности (средне-квадратичная ошибка) после обучения автоэнкодера составила 0.038. Качество кластеризации и количество кластеров определялось с помощью метода Элбо. По результатам кластеризации выделяли группу с наиболее оптимальными параметрами костного обмена и смотрели распределение уровня паратгормона в этой группе. На рисунке 2 приведено распределение уровня ПТГ в группе с оптимальными значениями показателей костного обмена. За верхнюю границу был выбран 90% квантиль, он составил 506 пг/мл.

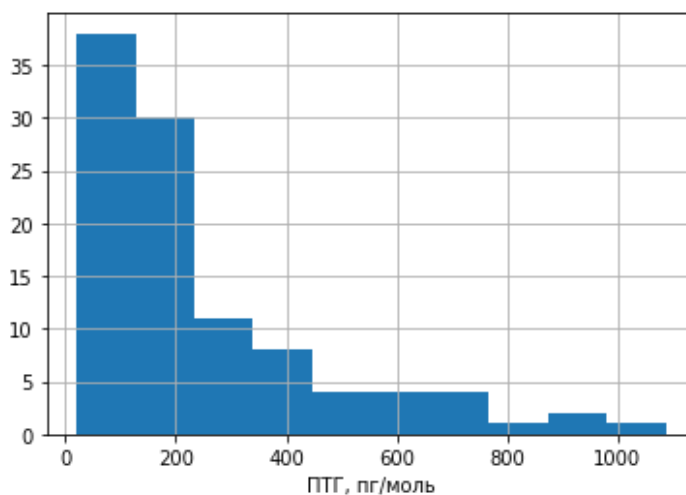


Рисунок 2. Гистограмма распределения ПТГ в группе с оптимальными показателями костного обмена

Заключение.

Разработанная методика на основе алгоритмов машинного обучения позволит определять референтные интервалы различных показателей при развитии компенсаторных

реакций в организме. Основой данной методики является кластеризация, проведенная на данных после уменьшения размерности. Кластеризация может быть сделана с помощью различных методов (метод k-средних, DBSCAN, иерархическая кластеризация). Понижение размерности также можно осуществлять различными способами (автоэнкодер на основе полностью связанной сети прямого распространения, метод главных компонент). Алгоритм данной методики может быть применен в различных областях для более качественного контроля медикаментозной терапии при лечении различных патологий, сопровождающихся компенсаторными изменениями показателей.

Список использованных источников

[1] Correlation between anemia and smoking: Study of patients visiting different outpatient departments of Integral Institute of Medical Science and Research, Lucknow /Waseem SMA, Alvi AB// Natl J Physiol Pharm Pharmacol 2020;10(02):149-154

[2] Определение референтного интервала паратгормона у пациентов с различными стадиями хронической болезни почек / Н. В. Карлович [и др.] // Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. мед. наук. – 2021. – Т. 18, № 2. – С. 000–000. <https://doi.org/10.29235/1814-6023-2021-18-2-000-000>

[3] Microvascular dysfunction in patients with incomplete myocardial revascularization in the long-term period of primary percutaneous coronary intervention (diagnosis and treatment opportunities)/Tsapaeva N.L., Tarashkevich N.V., Mironova E.V., Jn Shojan, Konstantinova E.E., Chernoglaz P.F., Yurlevich D.I.// Neotlozhnaya kardiologiya i kardioovaskulyarnye riski [Emergency cardiology and cardiovascular risks] 1, 126–133.

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR DETERMINING REFERENCE INTERVALS OF DIFFERENT INDICATORS DURING THE DEVELOPMENT OF COMPENSATORY REACTIONS IN THE ORGANISM

O.S. SPIRIDONOVA
Systems Analyst "HiQo-Solutions"

N.V. KARLOVICH,
Ph. D. (Med.), Endocrinologist

"HiQo-Solutions"
Belarusian State Medical University, Republic of Belarus
E-mail: olyasprdnv@gmail.com

Abstract. Determining the optimal values of parameters, the levels of which begin to increase sharply in the presence of various pathologies, and the compensatory mechanisms developing as a result of this, is an urgent task today. The paper describes a technique for determining the reference intervals of various indicators in the development of compensatory reactions in the body. The main steps of this technique are dimensionality reduction and data clustering. Clustering of patients is carried out not on the initial values of the parameters, but on data convolved by an autoencoder, which allows clustering patients according to the most key combinations of features. The algorithm of this technique can be applied in various areas for better control of drug therapy in the treatment of various pathologies, accompanied by compensatory changes in indicators.

Keywords: clustering, dimensionality reduction, autoencoder, compensatory mechanisms.

УДК 004.42+004.9-027.45

МЕТОДИКА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЁЖНОСТИ ПЛАНИРУЕМЫХ К РАЗРАБОТКЕ ПРИКЛАДНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ



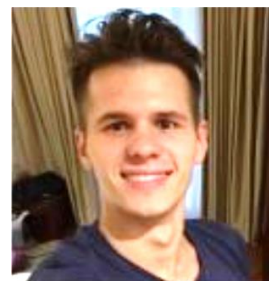
С.М. Боровиков
доцент кафедры
ПИКС БГУИР,
кандидат
технических наук



В.О. Казючиц
аспирант кафедры
ПИКС БГУИР,
магистр
технических наук



С.К. Дик
доцент кафедры ЭТТ
БГУИР, кандидат
физико-
математических наук,
доцент



С.С. Дик
проект-менеджер
компании
«Itransition»,
магистр техники и
технологии

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Республика Беларусь
Компания «Itransition», Республика Беларусь
E-mail: bsm@bsuir.by

С.М. Боровиков

Доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем БГУИР. Основная область научных интересов – прикладные математические методы в проектировании изделий радиоэлектроники, включая алгоритмы статистического прогнозирования надёжности изделий электронной техники и оценку надёжности прикладного программного обеспечения на ранних этапах его разработки. Руководитель разработки программных комплексов по автоматизированному расчёту и обеспечению надёжности электронных устройств: система АРИОН (2008-2009 гг.), система АРИОН-плюс (2011-2015 гг.).

В.О. Казючиц

Окончил БГУИР (2017 г.), в настоящее время является аспирантом этого университета, магистр технических наук. Проводит научные исследования по прогнозированию надёжности полупроводниковых приборов большой мощности и разработке прикладных компьютерных программ для автоматизированной оценки их надёжности.

С. К. Дик

Окончил Минский радиотехнический институт по специальности «Радиотехника», руководит научными исследованиями в области лазерной медицины и биомедицинской оптики.

С.С. Дик

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники (2016 г.), и аспирантуру при этом университете (2020 г.), магистр техники и технологии. Работает в компании «Itransition» в должности проект-менеджера, занимается разработкой и внедрением программного обеспечения в различные сферы деятельности людей.

Аннотация. Прикладные компьютерные программы, используемые для информационных систем, в том числе для технологий Big Data, содержат десятки тысяч–миллионы строк программного кода и поэтому после написания в них всегда имеются скрытые ошибки, которые не могут быть определены компилятором языка программирования. Задача этапа тестирования состоит в том, чтобы выявить и устранить наиболее критичные ошибки с точки зрения выполнения компьютерной программой своих функций и уменьшить число оставшихся в программе скрытых ошибок. Скрытые ошибки, оставшиеся в программе после её тестирования,

иногда могут себя проявлять в зависимости от степени изменчивости исходных данных и нагрузки, которую оказывает эксплуатационная среда на компьютерную программу (запись информации на электронные носители, печать на принтере, ожидание в очереди и т.д.). Наличие этих скрытых ошибок определяет уровень эксплуатационной надёжности компьютерных программ. Разработчики информационных систем, в том числе аналитических систем, используемых в технологиях Big data, хотели бы знать, какое время и, следовательно, финансовые затраты потребуются на тестирование планируемых к разработке прикладных компьютерных программ с целью обеспечения заданного уровня их эксплуатационной надёжности. В работе поясняется предлагаемая методика, используя которую можно получить ответ на эти вопросы. Методика разработана на основе экспериментальных данных о надёжности прикладных компьютерных программ разного функционального назначения.

Ключевые слова: прикладные компьютерные программы, начальная надёжность, обеспечение эксплуатационной надёжности, эффективность тестирования, прогнозирование времени тестирования.

Работа проводилась в рамках договора № Ф20МВ-021 на выполнение НИР «Статистические модели надёжности прикладных программных средств и их использование для оценки ожидаемой безотказности компьютерных программ на ранних этапах их разработки» в соответствии с решением научного совета БРФФИ по результатам конкурса «БРФФИ–Минобразование М-2020 (протокол № 1 от 22.04.2020).

Введение.

Аналитические системы, используемые для технологий больших данных (Big Data), относятся к классу сложных информационно-компьютерных систем, в которых вклад программного обеспечения в ненадёжность систем может составлять 40 и более процентов [1]. Для принятия решения о целесообразности разработки и уровне эффективности функционирования информационных систем в заданных условиях необходимо на ранних этапах её проектирования оценить ожидаемую эксплуатационную надёжность планируемых к разработке прикладных компьютерных программ. Под эксплуатационной надёжностью будем понимать тот уровень надёжности, который прикладная компьютерная программа покажет на начальном этапе её эксплуатации, то есть после выполнения этапа тестирования и отладки.

Актуальность.

Прикладные компьютерные программы, используемые для информационных систем, в том числе для технологий Big Data, содержат десятки тысяч–миллионы строк программного кода и поэтому после написания программ и устранения синтаксических ошибок в них всегда имеются скрытые ошибки. На этом этапе компьютерная программа характеризуется начальным уровнем надёжности, который как правило не отвечает требованиям заказчика. Поэтому необходимо тестирование с целью поиска скрытых смысловых (арифметических, логических и др.) ошибок. Задача этого этапа состоит в том, чтобы выявить и устранить наиболее критичные ошибки с точки зрения правильности выполнения программой своих функций, уменьшить число скрытых ошибок, оставшихся в компьютерной программе, и в итоге – обеспечить приемлемый уровень эксплуатационной надёжности прикладной компьютерной программы.

Проектировщики аналитических систем и программного обеспечения к ним хотели бы знать ожидаемый уровень надёжности прикладной компьютерной программы ещё до написания кода программы и выполнения её тестирования. Разработчиков аналитических систем интересуют также затраты времени и, следовательно, затраты средств, которые необходимы для проведения тестирования с целью достижения заданного уровня эксплуатационной надёжности прикладной компьютерной программы. Поэтому наличие методики, которая даст ответ на вопрос о требуемом времени тестирования планируемой к разработке прикладной компьютерной программы с целью обеспечения её эксплуатационной надёжности, является актуальной задачей.

Подходы к разработке методики обеспечения эксплуатационной надёжности прикладных компьютерных программ.

Методика разработана на основе ранее проведённых исследований [2–13 и др.] по оценке ожидаемой надёжности и тестированию планируемых к разработке прикладных компьютерных программ. Результаты исследований в виде модели прогнозирования надёжности прикладной компьютерной программы [2, 5] и модели прогнозирования времени тестирования программы с целью обеспечения заданного уровня её эксплуатационной надёжности [3] были получены с использованием экспериментальных данных о надёжности и тестировании прикладных компьютерных программ разных областей применения [14]. Модель надёжности прикладной компьютерной программы, приводимая в [2, 5], учитывает:

- особенность организации, которая будет разрабатывать программу;
- основные характеристики программы: сложность, средства разработки, новизну, использование стандартных модулей;
- быстродействие процессора, используемого компьютером;
- отрасль применения компьютерной программы, что определяет изменчивость реального потока наборов исходных данных на входе программы и рабочую нагрузку на компьютерную программу со стороны эксплуатационной среды (ввод-вывод данных и нахождение этих операций в очереди, наличие состояний ожиданий, загрузка-выгрузка программы и/или её модулей из памяти и т.д.).

Модели, приводимые в [3], позволяют примерно оценить процессорное и календарное время тестирования, необходимое для получения требуемого коэффициента эффективности тестирования Q , гипотетически обеспечивающего заданный уровень эксплуатационной надёжности компьютерной программы ($\lambda_{экс}$). Согласно [2], коэффициент эффективности тестирования Q , показывает, во сколько раз уменьшается интенсивность отказов компьютерной программы после выполнения её тестирования ($\lambda_{экс}$) относительно начальной интенсивности отказов λ_0 (до начала тестирования).

Основные структурные части методики.

Предлагаемая методика включает следующие структурные части:

- область применения;
- нормативные ссылки;
- термины, определения и сокращения;
- общие положения;
- количественные показатели описания надёжности прикладных компьютерных программ;
- подготовка исходных данных, используемых для оценки надёжности планируемой к разработке компьютерной программы;
- прогнозирование начальной плотности ошибок прикладной компьютерной программы;
- определение начальной интенсивности отказов прикладной компьютерной программы;
- прогнозирование процессорного времени тестирования для обеспечения заданной эксплуатационной надёжности прикладной компьютерной программы;
- определение календарного времени тестирования;
- пример применения методики;
- приложения.

Ниже приводится пояснение некоторых структурных частей методики.

Количественные показатели, используемые для описания надёжности прикладных компьютерных программ.

Согласно [15] для описания ожидаемой надёжности планируемой к разработке прикладной компьютерной программы (далее, компьютерной программы) будем использовать интенсивность проявления оставшихся в программе скрытых ошибок (λ),

а также вероятность отсутствия факта проявления ошибок программы в течение заданного календарного времени τ в предположении, что известно среднее число сеансов (прогонов) компьютерной программы за один час – η (размерность: 1/ч).

После написания кода компьютерной программы и устранения ошибок, вызываемых нарушением правил языка программирования, компьютерная программа характеризуется начальной интенсивностью отказов – λ_0 . Последующее тестирование компьютерной программы позволяет устранить наиболее критичные ошибки с точки зрения правильности выполнения программой своих функций. В компьютерных программах большого объёма после тестирования всегда остаётся какая-то доля скрытых ошибок, которые могут себя иногда проявлять в зависимости от набора исходных данных и нагрузки на компьютерную программу со стороны эксплуатационной среды. Компьютерная программа после тестирования характеризуется эксплуатационной интенсивностью проявления ошибок программы (интенсивностью отказов) – $\lambda_{\text{экс}}$.

В качестве основной характеристики безошибочности выполнения программой своих функций согласно [15] будем рассматривать вероятность того, что компьютерная программа правильно (безошибочно) выполнит обработку одного произвольного набора исходных данных из числа наборов, которые могут поступать в условиях функционирования компьютерной программы в составе информационной системы. Эту вероятность p_1 согласно [16] определяют по экспоненциальной функции:

$$p_1 = \exp(-\lambda_{\text{экс}} \cdot t_1), \quad (1)$$

где t_1 – среднее время обработки компьютерной программой одного набора исходных данных.

Вероятность p_1 отражает число оставшихся в компьютерной программе скрытых ошибок и их размещение в структуре программы, изменчивость реального потока наборов исходных данных на входе компьютерной программы и нагрузку на компьютерную программу со стороны эксплуатационной среды (загрузка и выгрузка программы из памяти, нахождение операций ввода-вывода в очереди, наличие состояний ожидания и т.д.).

Уточнив интенсивность обращения к компьютерной программе, т. е. среднее число сеансов («прогонов») программы за один час η (1/ч) в процессе функционирования информационно-компьютерной системы, можно определить вероятность того, что оставшиеся дефекты в компьютерной программе не проявятся в течение заданного календарного времени τ :

$$P(\tau) = (p_1)^{\eta \tau}. \quad (2)$$

Если значение вероятности $P(\tau)$ не отвечает требованиям заказчика, то как выход из положения, следует предпринять меры по увеличению вероятности p_1 путём дополнительного тестирования компьютерной программы.

Подготовка исходных данных, необходимых для оценки надёжности планируемой к разработке компьютерной программы.

В качестве исходных данных на этом этапе должны быть:

1. *Область применения (назначения) компьютерной программы.* Она определяет выбор базовой (усреднённой) начальной плотности ошибок A и значения суммарного коэффициента увеличения интенсивности отказов (K_{Σ}), обусловленного совместным действием изменчивости входных данных и рабочей нагрузки на компьютерную программу (таблица 1).

2. Обобщённый алгоритм выполнения компьютерной программы своих функций, предполагаемый (прогнозный) объём программы в строках исполняемого кода, используемый язык программирования.

Наличие этой информации позволит получить прогнозные оценки следующих характеристик:

- объёма программы в строках исполняемого кода – L (англоязычный вариант Lines Of Code – LOC);

- количества команд (операторов) программы B , определяемых для экстремального набора исходных данных на входе программы.

Таблица 1. Выбор коэффициентов для прикладных компьютерных программ различных областей применения

Область применения компьютерной программы	Значение A , ошибка / KLOC	Коэффициент K_{Σ}	Средний процент времени «прогона» компьютерной программы при её тестировании в течение календарной продолжительности
1. Авиация	12,8	5,23	8
2. Мониторинг и обеспечение безопасности	9,2	1,00	43
3. Телекоммуникации, мобильные устройства	7,8	11,5	3,5
4. Управление производственными процессами	1,8	3,17	14
5. Автоматизированные системы управления	8,5	19,2	2,5
6. Разработка программ, моделирование, обучение	12,3	14,1	3
Среднее	12,8	8,83	12

Общий прогнозный объём компьютерной программы L в строках кода (LOC) определяется исходя из количества и объёма функций, реализуемых программой, и определяется по формуле [17]

$$L = \sum_{i=1}^n v_i, \quad (3)$$

где v_i – объём в строках кода (LOC) для выполнения компьютерной программой i -й функции.

Значения v_i могут быть взяты из каталога функций программного обеспечения, включённого в документ [17]. В каталоге приводятся обобщённые (усреднённые) значения v_i в зависимости от используемого языка программирования и кода функции. Например, для функции с кодом 102 «Контроль, предварительная обработка и ввод информации» при использовании языка Visual C++ (Microsoft) $v_i = 550$ LOC, а для функции с кодом 203 «Обработка наборов и записей базы данных» при использовании языка Java $v_i = 2370$ LOC. Конечное значение L может быть представлено также в тысячах строках кода (англоязычный вариант kilolines of code – KLOC).

Прогнозное количество команд (операторов) программы B рекомендуется определять, как произведение

$$B = L E_L E_{\Sigma}, \quad (4)$$

где E_L – коэффициент расширения кода программы (увеличения числа команд компьютерной программы) относительно числа строк кода L , определяется используемым языком программирования; $E_{ц}$ – коэффициент увеличения числа выполняемых процессором команд за счёт наличия в компьютерной программе циклов, ветвлений и других особенностей (число циклов и их размер, объём тела циклов, число ветвлений, особенности интерфейса и т. д.).

Выбор E_L определяется языком написания программного кода, например для Си $E_L \geq 2,5$; для Fortran, Cobal $E_L \geq 3,0$; для Ada $E_L \geq 4,5$; для Си++ $E_L \geq 6,0$. В случае неопределённости рекомендуется принять $E_L = 10$ [2, 18].

Значение $E_{ц}$ выбирается на основе экспертной оценки с учётом алгоритма выполнения компьютерной программой своих функций, числа и размера циклов, объём кода тела циклов, наличие ветвлений, вида интерфейса и т.п.). В зависимости от особенностей реальных потоков набора исходных данных, поступающих в компьютерную программу, значение $E_{ц}$ может достигать десятков–сотен единиц.

3. Характеристика производственной среды разработки программного обеспечения: особенность организации, разрабатывающей компьютерную программу; характеристика программистов и их квалификация.

Характеристику производственной среды рекомендуется учитывать с помощью метрики (коэффициента) среды разработки программы D , представляющей произведение двух других коэффициентов [2, 6, 14]:

$$D = K_{\text{орг}} \cdot K_{\text{кв.прог}}, \quad (5)$$

где $K_{\text{орг}}$ – коэффициент, характеризующий особенность организации, разрабатывающей компьютерную программу; $K_{\text{кв.прог}}$ – коэффициент, учитывающий квалификацию и опыт программистов.

Значения $K_{\text{орг}}$ могут быть выбраны по таблице 2, либо получены методом экспертных оценок из условия $0,5 \leq K_{\text{орг}} \leq 2$ [14].

Таблица 2. Выбор коэффициента $K_{\text{орг}}$ метрики производственной среды D .

Характеристика организации, разрабатывающей компьютерную программу	Значение $K_{\text{орг}}$
1. Группа программистов работает в организации, обеспечивает ее потребности в программном обеспечении и отвечает за программу	0,76
2. Группа программистов имеет опыт работы по разработке программ, но не связана с пользователем программы	1,00
3. Группа программистов обладает опытом работы с компьютером, но может быть не знакома с приложением, для которого разрабатывается программа. Программа должна использоваться во взаимосвязанном комплексе технических средств, программного обеспечения и действий оператора	1,30

Для выбора значения коэффициента $K_{\text{кв.прог}}$ следует воспользоваться таблицей 3 [2].

Таблица 3. Значения коэффициента $K_{\text{кв.прог}}$

Квалификация и опыт программиста	Значение $K_{\text{кв.прог}}$
1. Специалист, освоивший программирование на уровне программы учебной дисциплины высшего технического учебного заведения	2,0
2. Младший программист (<i>Junior Developer</i>)	1,3
3. Программист (<i>Middle Developer</i>)	1,0
4. Ведущий программист (<i>Senior Developer</i>)	0,7

4. Характеристика планируемой к разработке компьютерной программы.

Характеристику планируемой к разработке компьютерной программы рекомендуется описывать с помощью метрики S , представляющей произведение коэффициентов, учитывающих важнейшие факторы, влияющие на надёжность программы [2, 6, 14]:

$$S = K_{\text{слож}} \cdot K_{\text{С.Р}} \cdot K_{\text{нов}} \cdot K_{\text{мод}}, \quad (6)$$

Пояснение коэффициентов вида K_i , входящих в (6), и рекомендации по выбору их значений приведены в таблице 4.

Таблица 4. – Коэффициенты, используемые для определения метрики характеристик программы

Обозначение коэффициента	Пояснение	Номер таблицы для выбора значения	Примечание
$K_{\text{слож}}$	Учитывает степень сложности компьютерной программы	5, 6	Смотри формулу (6)
$K_{\text{С.Р}}$	Характеризует используемые средства разработки компьютерной программы	7	–
$K_{\text{нов}}$	Характеризует степень новизны компьютерной программы	8	–
$K_{\text{мод}}$	Учитывает степень использования стандартных модулей в компьютерной программе	9	–

Для выбора значений коэффициента $K_{\text{слож}}$ необходимо, пользуясь таблицей 5, вначале уточнить число характеристик сложности, присущих планируемой к разработке компьютерной программе. Значение $K_{\text{слож}}$ следует определять по формуле

$$K_{\text{слож}} = 1 + \sum_{i=1}^m k_i, \quad (7)$$

где k_i – коэффициент повышения сложности компьютерной программы за счёт наличия i -й характеристики (см. таблицу 6); m – число характеристик, присущих компьютерной программе.

Таблица 5. Описание характеристик сложности прикладных компьютерных программ

Номер характеристики	Описание характеристики компьютерной программы
1	Наличие сложного интеллектуального языкового интерфейса с пользователем
2	Обеспечение телекоммуникационной обработки данных и управление удалёнными объектами
3	Обеспечение существенного распараллеливания вычислений
4	Криптография и другие методы защиты информации
5	Моделирование объектов и процессов
6	Обеспечение настройки программного обеспечения на изменения структур входных и выходных данных
7	Обеспечение переносимости ПО
8	Реализация особо сложных инженерных и научных расчётов

Таблица 6. Коэффициенты повышения сложности компьютерной программы (k_i)

Характеристика повышения сложности компьютерной	Значения k_i	
1. Функционирование компьютерной программы в расширенной операционной среде (связь с другими компьютерными программами)	0,08	
2. Интерактивный доступ	0,06	
3. Обеспечение хранения, ведения и поиска данных в сложных структурах	0,07	
4. Наличие у компьютерной программы одновременно нескольких характеристик, указанных в таблице 5 (из пп. 4.1 – 4.3 выбирается одно из значений)	4.1. Две характеристики	0,12
	4.2. Три характеристики	0,18
	4.3. Свыше трёх характеристик	0,26

Выбор коэффициентов $K_{C.P}$, $K_{нов}$ и $K_{мод}$ может быть сделан соответственно по таблицам 7, 8 и 9.

Таблица 7. Выбор значений коэффициента $K_{C.P}$

Средства разработки компьютерной программы	Значение коэффициента $K_{C.P}$ в зависимости от ОС		
	IBM-PC, Windows	Функционирование программы в сетях	
		локальных	глобальных
Языки высокого (Си++, Паскаль)	1,0	1,2	1,3
Языки 4GL (Visual Basic, Delphi)	0,8	0,95	1,1
Системы программирования на основе СУБД типа Foxpro	0,45	0,55	0,65
Системы программирования на основе СУБД типа Oracle, SQLServer	0,4	0,5	0,6
Объектно-ориентированные технологии (COM/DCOM, CORBA)	0,55	0,6	0,7
Прочие CASE-средства	0,19	0,22	0,25

Таблица 8. Коэффициенты, учитывающие новизну компьютерной программы ($K_{нов}$)

Степень новизны	Использование компьютерной программы		Значение $K_{нов}$
	на основе нового типа ПК*	в среде новой ОС*	
Принципиально новые компьютерные программы, не имеющие подобных аналогов	+	+	1,58
	–	+	1,44
	+	–	1,10
	–	–	1,0
Компьютерные программы, являющиеся развитием определённого параметрического ряда компьютерных программ	+	+	1,0
	–	+	0,81
	+	–	0,72
Компьютерные программы, являющиеся развитием определённого параметрического ряда компьютерных программ, разработанных для ранее освоенных типов конфигурации ПК и ОС	–	–	0,63

* – Принятые сокращения: ПК – персональный компьютер, ОС – операционная система

Таблица 9. Значение коэффициента $K_{мод}$, учитывающего степень использования стандартных модулей

Степень охвата стандартными модулями реализуемых функций разрабатываемой компьютерной программы	Значение $K_{мод}$
1. От 60% и выше	0,55
2. От 40 до 60%	0,65
3. От 20 до 40%	0,77
4. До 20%	0,9
5. Не используются стандартные модули для реализации функций разрабатываемой компьютерной программы	1

Прогнозирование начальной плотности ошибок.

Прогнозируемая начальная плотность ошибок F_0 определяется в соответствии с моделью RL-92-52 [14] как произведение метрик A , D и S :

$$F_0 = A \cdot D \cdot S, \text{ ошибка/LOC}, \quad (8)$$

где базовая плотность ошибок (метрика) A выбирается по таблице 1 в зависимости от области применения компьютерной программы, а метрики D и S определяются соответственно по формулам (5) и (6).

Определение начальной интенсивности отказов компьютерной программы.

В соответствии с [2] начальную интенсивность проявления ошибок (интенсивность отказов) компьютерной программы λ_0 рекомендуется определять по модели

$$\lambda_0 = 60 \frac{R}{B} K_{\Sigma} F_0 L \cdot 10^{-6}, \text{ ч}^{-1}, \quad (9)$$

где R – пиковое быстродействие процессора компьютера, указываемое производителем в технической документации, подставляется в размерности «операций в секунду».

Коэффициент K_{Σ} выбирается по таблице 1 в зависимости от области применения (назначения) компьютерной программы. Начальная плотность отказов F_0 определяется по (8), значение L (в строках кода – LOC) прогнозируется при подготовке исходных данных.

Определение процессорного времени тестирования для обеспечения заданной эксплуатационной надёжности компьютерной программы.

На этом этапе вначале необходимо определить требуемое значение коэффициента эффективности тестирования. Его находят как

$$Q = \frac{\lambda_{\text{экс}}}{\lambda_0}, \quad (10)$$

где $\lambda_{\text{экс}}$ – заданная эксплуатационная интенсивность отказов компьютерной программы (интенсивность проявления ошибок).

С учётом [3] требуемое процессорное время тестирования определится по формуле

$$t = \frac{B \cdot \ln(Q)}{60 K_{\Sigma} R} 10^6, \text{ ч}, \quad (11)$$

в которую пиковое быстродействие процессора R следует подставлять в размерности «операций в секунду».

Для прикладных компьютерных программ прогнозное значение рабочей календарной продолжительности тестирования $T_{\text{календ}}^{(i)}$, соответствующей заданному процессорному времени тестирования t , получаемому по формуле (11), примерно может быть получено по модели

$$T_{\text{календ}}^{(i)} = \frac{100t}{r^{(i)}}, \text{ ч}, \quad (12)$$

где верхний индекс (i) указывает на то, что соответствующие характеристики относятся к прикладным компьютерным программам i -й области (отрасли) применения; $r^{(i)}$ – средний процент времени выполнения (прогона) компьютерной программы при её тестировании в течение календарной продолжительности для прикладных компьютерных программ i -й области применения.

Заключение.

Предлагаемая методика позволяет оценить ожидаемую начальную надёжность планируемой к разработке прикладной компьютерной программы и спрогнозировать планируемое календарное время тестирования, необходимое для обеспечения заданной эксплуатационной надёжности компьютерной программы. Решение этих задач имеет важное значение для проектирования информационно-компьютерных систем, в том числе используемых для технологий Big Data, и позволяет ещё до разработки прикладной компьютерной программы, предназначенной для её использования в составе сложной информационной системы, получить представление о предполагаемых затратах времени и средств для обеспечения заданной эксплуатационной надёжности компьютерной программы.

Список использованных источников

- [1] Чуканов, В. О. Методы обеспечения аппаратно-программной надёжности вычислительных систем / В. О. Чуканов, В. В. Гуров, Е. В. Прокопьева [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа : <http://www.mcst.ru/metody-obespecheniya-apparatnoprogrammnoj-nadezhnosti-vychislitelnykh-sistem>. – Дата доступа: 10.03.2022.
- [2] Borovikov S. M., Kaziuchyts V. O., Khoroshko V. V., Dick S. S., Klinov K. I. Assessment of expected reliability of applied software for computer-based information systems. Informatics, 2021, vol. 18, no. 1, pp. 84–95 (in Russian). <https://doi.org/10.37661/1816-0301-2021-18-1-84-95>.
- [3] Borovikov S. M., Kaziuchyts V. O., Dick S. K., Dick S. S. Модель прогнозирования времени тестирования прикладных компьютерных программ для технологий BIG DATA / BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня : сборник научных статей VII Международной научно-практической конференции, Минск, 19-20 мая 2021 года / редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск : Бестпринт, 2021. – С. 404-411.
- [4] Боровиков С. М., Дик С. С., Лэ В. Т., Клинов К. И. Анализ и оценка надёжности прикладных компьютерных программ / BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20-21 мая 2020 года: в 3 ч. Ч. 1 / редкол. : В. А. Богуш [и др.]. – Минск : Бестпринт, 2020. – С. 382-390.
- [5] Боровиков, С. М. Модель прогнозирования ожидаемой надёжности прикладных компьютерных программ / Боровиков С. М., Казючиц В. О. // Информационные радиосистемы и радиотехнологии 2020 : материалы Республиканской научно-практической конференции, Минск, 28-29 октября 2020 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск : БГУИР, 2020. – С. 292-295.
- [6] Боровиков С. М., Дик С. С., Лэ В. Т., Клинов К. И. Возможный подход к оценке надёжности разрабатываемых программных средств на ранних этапах проектирования информационно-компьютерных систем / Globus: технические науки – от теории к практике. – 2020. – Вып. 1 (32). – С. 4–9.
- [7] Модель прогнозирования надёжности планируемых к разработке прикладных компьютерных программ / Интернаука: научный журнал. – 2020. – № 12 (141). – Ч. 1. – С. 68-72.
- [8] Боровиков, С. М. Метод прогнозирования надёжности прикладных программных средств на ранних этапах их разработки / С. М. Боровиков, С. С. Дик, Н. К. Фоменко // Доклады БГУИР. – 2019. – № 5 (123). – С. 45-51. - DOI: <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2019-123-5-45-51>.
- [9] Боровиков С. М., Будник А. В., Дик С. С., Лэ В. Т. Подход к оценке ожидаемой надёжности прикладного программного обеспечения для систем телекоммуникаций / Современные средства связи : материалы XXIV Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 17–18 окт. 2019 г. // редкол. : А. О. Зеневич [и др.]. – Минск : БГАС, 2019. – С. 120-122.
- [10] Боровиков, С. М. Возможный подход к оценке надёжности прикладных программных средств для технологий Big Data / С. М. Боровиков, Ван Там Лэ, С. С. Дик // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня : сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф. (Республика Беларусь, Минск, 13–14 марта 2019 года). В 2 ч. Ч. 2 / редкол. : В. А. Богуш [и др.]. – Минск : БГУИР, 2019. – С. 77-83.
- [11] Боровиков, С. М. Прогнозирование ожидаемой надёжности прикладных программных средств с использованием статистических моделей их безотказности / С. М. Боровиков, С. С. Дик // BIG DATA Advanced Analytics: collection of materials of the fourth international scientific and practical conference, Minsk, Belarus, May 3 – 4, 2018 / editorial board: M. Batura [etc.]. – Minsk : BSUIR : 2018. – P. 348-354.
- [12] Боровиков, С. М. Метод оценки ожидаемой надёжности прикладных компьютерных программ систем медицинской электроники / С. М. Боровиков, С. С. Дик // Доклады БГУИР. – 2018. – № 7 (117). – С. 112-117.
- [13] Лэ, В. Т. Метод оценки надёжности прикладных программных средств на ранних этапах их разработки / В. Т. Лэ, С. С. Дик, С. М. Боровиков // Современные средства связи : материалы XXIII Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 18–19 окт. 2018 года // редкол. : А. О. Зеневич [и др.]. – Минск : БГАС, 2018. – С. 167-168.
- [14] McCall, J. A. Software Reliability, Measurement, and Testing Guidebook for Software Reliability Measurement and Testing [Electronic resource] / J. A. McCall [et al.]. – 1992. – Mode of access: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a256164.pdf>. – Date of access: 10.03.2022.
- [15] ГОСТ 27.205-97. Надёжность в технике. Проектная оценка надёжности сложных систем с учётом технического и программного обеспечения и оперативного персонала. Основные положения. – Минск : Госстандарт Республики Беларусь, 2005. – 22 с.
- [16] Шубинский, И. Б. Функциональная надёжность информационных систем. Методы анализа / И. Б. Шубинский. – М. : «Журнал Надёжность», 2012. – 296 с.
- [17] Постановление министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь 27 июня 2007 г. № 91 «Об утверждении укрупнённых норм затрат труда на разработку программного обеспечения»

[Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://zakonrb.com/npa/ob-utverzhdanii-ukrupnennyh-norm-zatrat-truda> (дата обращения: 12.03.2022).

[18] Чуканов, В. О. Надёжность программного обеспечения и аппаратных средств систем передачи данных атомных электростанций : учебное пособие / В. О. Чуканов. – М. : МИФИ, 2008. – 168 с.

METHODOLOGY FOR ENSURING THE OPERATIONAL RELIABILITY OF APPLIED COMPUTER PROGRAMS, PLANNED TO DEVELOPMENT FOR INFORMATION SYSTEMS

S.M. BOROVIKOV
PhD
Associate professor of
the BSUIR

V.O. KAZIUCHYTS
Master of engineering
Postgraduate student of
the BSUIR

S.K. DICK
PhD
Associate professor
of the BSUIR

S.S. DICK
Master of Engineering
and Technology
Project manager of
"Itransishen" Company

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus
Itransition Company, Republic of Belarus
E-mail: bsm@bsuir.by

Abstract. Applied computer programs used for information systems, including Big Data technologies, contain tens of thousands to millions of lines of program code, and therefore, after writing, they always have hidden errors that cannot be determined by the programming language compiler. The task of the testing phase is to identify and eliminate the most critical errors in terms of the performance of the computer program of its functions and reduce the number of hidden errors remaining in the program. Hidden errors that remain in the program after testing it can sometimes manifest themselves depending on the degree of variability of the initial data and the load that the operating environment has on the computer program (writing information on electronic media, printing on a printer, waiting in line, etc.). The presence of these hidden errors determines the level of operational reliability of computer programs. Developers of information systems, including analytical systems used in Big data technologies, would like to know how much time and, consequently, financial costs will be required for testing application computer programs planned for development in order to ensure a given level of their operational reliability. The paper explains the proposed methodology, using which you can get an answer to these questions. The technique was developed on the basis of experimental data on the reliability of applied computer programs for various functional purposes.

Keywords: applied computer programs, initial reliability, ensuring operational reliability, testing efficiency, testing time prediction.

УДК 004.6-024.11:004.738.5

АРХИТЕКТУРНЫЕ РЕШЕНИЯ БЫСТРОГО ПОСТРОЕНИЯ ГРАФОВОЙ БД WEB-САЙТА И АНАЛИЗА ЕГО СВОЙСТВ



М.П. Батура

И.И. Пилецкий

Н.А. Волорова

П.А. Зорко

А.О. Кулевич

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

E-mail: bmpbel@bsuir.by, ianmenski@gmail.com, valorova@bsuir.by, kulevich.01@gmail.com, polina.zorko16@gmail.com

М.П. Батура

Заведующий лабораторией НИЛ 8.1 «Новые обучающие технологии» БГУИР, Доктор технических наук, профессор, академик «Международной академии наук высшей школы», заслуженный работник образования Республики Беларусь. Область научных исследований: Системный анализ, управление и обработка информации в технических и организационных системах. Опубликовано более 150 научных работ.

И.И. Пилецкий

Кандидат физико-математических наук, доцент БГУИР, имеет более 100 публикаций, сфера научных интересов – разработка проектов по обработке больших объемов данных.

Н.А. Волорова

Заведующая кафедрой информатики БГУИР, кандидат технических наук, доцент. В сфере IT более 40 лет. Имеет более 140 публикаций, сфера научных интересов – модели сложных систем.

П.А. Зорко

Студент БГУИР специальности «Информатика и технологии программирования».

А.О. Кулевич

Студентка БГУИР специальности «Информатика и технологии программирования».

Аннотация. В статье приводится описание архитектурных решений быстрого построения компонента тематического прототипа графической БД, графа знаний из открытых интернет-источников с целью глубокого анализа данных сайта, выявления скрытых зависимостей в некоторой научной области. Описываются принятые решения, демонстрируются, результаты работы компонента получение данных с веб-сайта.

Ключевые слова: интернет-источники, Big Data, анализ, графовая БД, RDF, Neo4j, RDF словари.

Введение.

Одна из больших технических задач — это получение данных из конкретного сайта. Но, еще более сложная проблема — это анализ данных размещенных на данном сайте. Что приводит к появлению ряда новых возможностей моделирования структуры сайта, одна из которых - возможность предложить простой способ представления свойств отношений в виде графовой модели. Что позволяет анализировать свойства сайта с помощью графовых моделей. Многие сайты формально поддерживает тройки RDF (Resource Description

Framework), в которых тройка имеет вид «*субъект — предикат — объект*» и называется **триплетом (тройкой)**. Множество RDF-утверждений образует ориентированный граф, в котором вершинами являются субъекты и объекты, а рёбра отображают отношения.

С помощью графовых технологий можно преобразовать представление сайта в графовую БД со свойствами. Что позволяет анализировать свойства сайта.

Последние данные Gartner трендов в области ИТ «Gartner Identifies Top 10 Data and Analytics Technology Trends for 2021» показывают возрастающую роль графовых технологий, так к 2025 году графовые технологии будут использоваться в 80% инноваций в области данных и аналитики по сравнению с 10% в 2021 году, что будет способствовать быстрому принятию решений в организации [1].

Графы — один из самых мощных и гибких способов представления данных. Они обладают большой выразительной силой, что позволяет их применять для моделирования различных физических систем (например, дороги, трубопроводы, электросети, воздушные авиалинии, логистику и т.д.) и социальные сети (например, LinkedIn, MySpace, Facebook, ВКонтакте, Академические и т.д.). Граф — это универсальная и выразительная структура, позволяющая моделировать всевозможные структуры данных, например, молекулярные взаимодействия и биологические процессы, фармакология, клинические, медицинские и научные публикации. Графы позволяют моделировать сценарии постройки сложных объектов (например, самолеты, ракеты, корабли и т.д.). В настоящее время графовые модели и графовы БД широко применяются во всех областях моделирования искусственного интеллекта.

Графовые базы по сравнению с другими NoSQL БД обладает свойствами OLTP и OLAP. Графовые технологии обеспечивают организации транзакционных графовых хранилищ, интеллектуальный анализ данных и аналитическую обработку данных в реальном времени, поддерживают транзакции ACID, что не обеспечивает ни одна NoSQL БД. Графовые технологии являются основой для построения интеллектуальных приложений, для применения алгоритмов искусственного интеллекта. Важным отличием графовых баз данных является то, что они *явно описывают зависимости между узлами данных*, в то время как *другие базы данных связывают данные неявными связями* [2, 3]. Для NoSQL вместо свойств ACID ввели свойства BASE, которые значительно слабее гарантий ACID, и между ними нет прямого соответствия.

В сложных реляционных базах данных, где количество сущностей может состоять из нескольких сот [4] (например, 300 или 400 сущностей), связность сущностей приводит к увеличению соединений, которые снижают производительность и затрудняют внесение в базу данных новых обновлений. И как правило, выполнение сложных запросов будет медленными, а сама БД со временем может полностью деградировать.

Совместное применение графовых технологий, методов и алгоритмов машинного обучения позволяет получать скрытые зависимости и выполнять предиктивный анализ информации, получать ответы в режиме реального времени, реализовывать алгоритмы искусственного интеллекта.

Графовые базы данных позволяют хранить сущности и отношения между ними. Сущности моделируются узлами (*nodes*), которые имеют свойства. Узел интерпретируется как экземпляр объекта в приложении. Отношения моделируются ребрами (*relationships* или *edges*), которые могут иметь свойства. Neo4j БД отдельно хранит в специальном жестком формате структуру узлов и отношений, а данные (свойства) определяются как пара ключ-значение. Такое решение в базе Neo4j [5] позволяет извлекать данные без обхода графа, с определенным узлом (смещение).

Основные решения для быстрого построения прототипа компонента получения и анализа данных с интернет источников.

Основными компонентами построения системы анализа данных Интернет источников являются: компонент получения данных с интернет источников; компонент графовая БД и граф знаний; а также компонент извлечения свойств из графовой БД и их анализ с помощью алгоритмов ML. Компонент извлечения свойств из графовой БД обладает дополнительной функциональностью, может использовать технологию включений (эмбединга), что позволяет построить векторы свойств меньшей размерности для более глубокого анализа данных. Графовые включения – это методология представления свойств сущностей (узлов) и свойств отношений в графе как вектор свойств.

Одним из сложных современных направлений является *представление знаний с помощью специальных глобальных словарей предметных областей*, мета-описаний и специальных языков, и методологий их применения. Данная методология широко применяется для создания и описания содержимого различных широко известных сайтов: Wikipedia, DBpedia, TerMef and French Bioloinc Portal, TerMef, BIOLOINC, WikiData, Scientific Research Publishing и крупных организаций.

Многие сайты используют специальную технику описания ресурса Resource Description Framework (RDF, «среда описания ресурса»). Импорт и экспорт RDF может быть в нескольких форматах (Turtle, N-Triples, JSON-LD, RDF / XML, TriG и N-Quads, TriG *).

Ресурсом в RDF может быть любая сущность — как информационная (например, веб-сайт или изображение), так и неинформационная (например, человек, город или некое абстрактное понятие). Утверждение, высказываемое о ресурсе, имеет вид «субъект — предикат — объект» и называется триплетом (тройкой). Например, утверждение «ель зеленого цвета» в RDF-терминологии можно представить следующим образом: субъект — «ель», предикат — «имеет цвет», объект — «зелёный». Для обозначения субъектов, отношений и объектов в RDF используются URI (универсальный идентификатор ресурса), на рисунке 1 приведена схема триплета RDF.



Рисунок 1. Триплет RDF

Множество RDF-утверждений образует ориентированный граф, в котором вершинами являются субъекты и объекты, а рёбра отображают отношения.

Что же касается веб-сайтов, которые хранят данные в JSON-LD, то в коде страницы можно найти нужный нам скрипт JSON-LD. Если он присутствует, то данный сайт можно сериализовать в графовую базу данных способом, описанным в данной работе, если же такого скрипта нет, то понадобится искать другой способ для сериализации данных веб-сайта.

Кроме RDF и JSON, описываемых в статье, можно сериализовать и другие типы данных. Например, данные на общедоступном популярном сайте Wikipedia [6] хранятся в формате **Turtle** и тоже могут быть сериализованы в графовую базу данных, для сайта Wikidata информация о данных хранится на самом сайте [7].

Словари предметных областей.

Представление знаний с помощью специальных глобальных словарей предметных областей позволяет с помощью специального плагина Neosemantics для графовой БД Neo4j использовать RDF и связанные с ним словари, такие как OWL, RDFS, SKOS и другие для интеграции с компонентами, генерирующими / потребляющими RDF [8].

RDF словари: FOAF (Friend-of-a-Friend), SKOS (Simple Knowledge Organization System), DC (Dublin Core), BIBO (Bibliographic Ontology), SIOC (Semantically-Interlinked Online Communities), DOAP (Description of a Project), Music Ontology.

RDF словари и онтологии: OWL (Web Ontology Language) – язык представления веб-онтологий, основан на RDF и RDFS.

SKOS (Simple Knowledge Organization System).

Так пример представления знаний с некоторого сайта, см. ниже, приведен на рисунке 2 [9].

```
ex:psycholing rdf:type skos:Concept;<br />  
skos:prefLabel "Психоллингвистика"<br />  
skos:altLabel "Психология языка"<br />  
<skos:narrower rdf:resource=  
"http://id.loc.gov/authorities/subjects/sh85125403"/>  
<skos:exactMatch rdf:resource=  
"http://ex.tw/auth/ps654678"/>
```

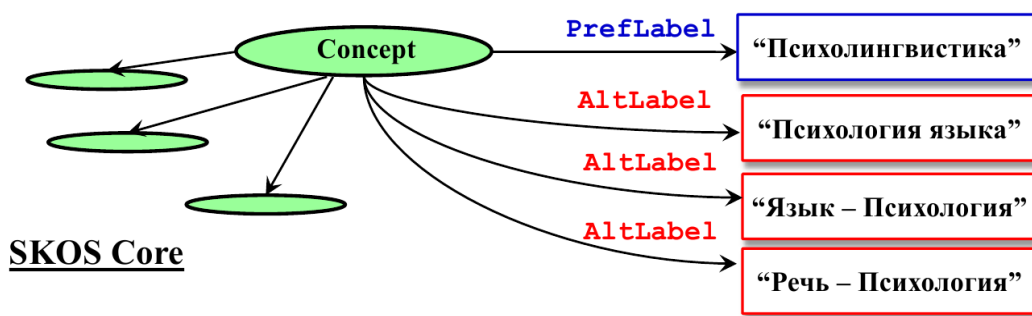


Рисунок 2. Графическое представление данных сайта

Правила преобразования троек RDF в графовую БД.

Существует три основных правила сериализации троек RDF («субъект — предикат — объект») в графовую БД Neo4j.

Первое правило. *Субъекты троек отображаются на узлы в Neo4j.*

Узел в Neo4j, представляющий ресурс RDF, будет помечен :Resource и будет иметь свойство uri с URI ресурса.

$(S,P,O) \Rightarrow (:Resource \{uri:S\})...$

Второе правило. *Предикаты троек отображаются в свойствах узла в Neo4j, если объект тройки является литералом.*

$(S,P,O) \ \&\& \ isLiteral(O) \Rightarrow (:Resource \{uri:S, P:O\})$

Третье правило. *Предикаты троек отображаются на отношения в Neo4j, если объект тройки является ресурсом.*

$(S,P,O) \ \&\& \ !isLiteral(O) \Rightarrow (:Resource \{uri:S\})-[:P]->(:Resource \{uri:O\})$

С помощью модулей библиотеки Neo4j можно множество RDF-утверждений преобразовать в графовую БД со свойствами, что позволяет построить прототип двух компонент системы анализа данных Интернет источников, компонента скачивания данных и компонента построения графовой базы данных и графа знаний.

3. Среда для быстрого построения графовой БД Web-сайта анализа данных Интернет источников.

В качестве ИТ платформы использовалась среда разработки Neo4j Desktop. С Neo4j Desktop можно создавать и управлять любым количеством локальных баз данных, которое

может поддерживать компьютер. Базы данных Neo4j размещаются в экземпляре системы управления базами данных (СУБД), и, начиная с Neo4j 4.0, можно иметь одну или несколько баз данных в одном экземпляре СУБД. Поскольку Desktop может запускать все поддерживаемые в настоящее время версии базы данных Neo4j, можно создать один или несколько экземпляров СУБД для поддержки разных версий Neo4j, разделить свои базы данных по типу данных, которые они содержат, или другим определённым образом для достижения конкретной желаемой конфигурации СУБД. С помощью Neo4j Desktop можно управлять конфигурацией СУБД, добавлять плагины, просматривать журналы, создавать резервные копии и восстанавливать данные, обновлять версии Neo4j и многое другое, чтобы получить полный жизненный цикл работы с Neo4j.

Для построения графовой БД Web-сайта используются специальные плагины Neosemantics (n10s) и APOC, которые нужно заранее установить.

Neosemantics (n10s) – это плагин, который позволяет использовать RDF и связанные с ним словари, такие как OWL, RDFS, SKOS и другие в Neo4j. Данный плагин используется для интеграции с компонентами, генерирующими / потребляющими RDF. Neosemantics работает как расширение базы данных Neo4j. Основными функциями данного плагина являются:

- Импорт и экспорт RDF в нескольких форматах (Turtle, N-Triples, JSON-LD, RDF / XML, TriG и N-Quads, TriG *)
- Отображение модели при импорте и экспорте
- Импорт и экспорт онтологий и таксономий в различных словарях (OWL, SKOS, RDFS)
- Проверка графа на основе ограничений SHACL
- Базовый вывод

APOC (Awesome Procedures on Cypher) – вспомогательный плагин для базы данных. Библиотека APOC считается самой большой и наиболее широко используемой библиотекой расширений для Neo4j. Она включает более 450 стандартных процедур, обеспечивающих функциональные возможности для утилит, преобразований, обновлений графов и многого другого. Они хорошо поддерживаются, и их очень легко запускать как отдельные функции или включать в запросы Cypher.

Плагин n10s имеет множество различных свойств, для начала работы с ним нужно создать конфигурацию Graph, чтобы проинструктировать Neosemantics о том, как хранить данные. Все методы, сохраняющие данные в Neo4j, имеют предварительное условие: это наличие ограничения уникальности для свойства uri узлов с меткой Resource. Поэтому с помощью специальной команды добавляется уникальность для свойства uri узлов.

Примеры технологических решений быстрого построения графовой БД Web-сайта и анализа его свойств.

В настоящее время компоненты системы анализа данных (СКА) Интернет источников реализованы в опытном варианте. В данном разделе приведены результаты работы компонента получения данных с интернет источников и быстрого построения графовой БД Web-сайта и анализа его свойств.

Тройки RDF определены как тройки, которые включают тройку как субъект или объект. Это приводит к появлению ряда новых возможностей моделирования, одна из которых – возможность предложить простой способ представления свойств отношений.

Именно такое использование поддерживается n10s: формально n10s поддерживает тройки RDF, в которых тройка является субъектом, а литерал – объектом. Внутренняя тройка представляет отношения, а внешняя тройка представляет свойство этих индивидуальных отношений.

Построение графа свойств в Neo4j на основе данных RDF.

На сайте Open Food Facts [10] имеется общедоступный набор данных с 6,2 миллионами троек по пищевым продуктам, их ингредиентам, аллергенам, фактам питания и многому другому. Импортируя тройки RDF с помощью запроса, представленного на рисунке 3, получается тематическая графовая БД.

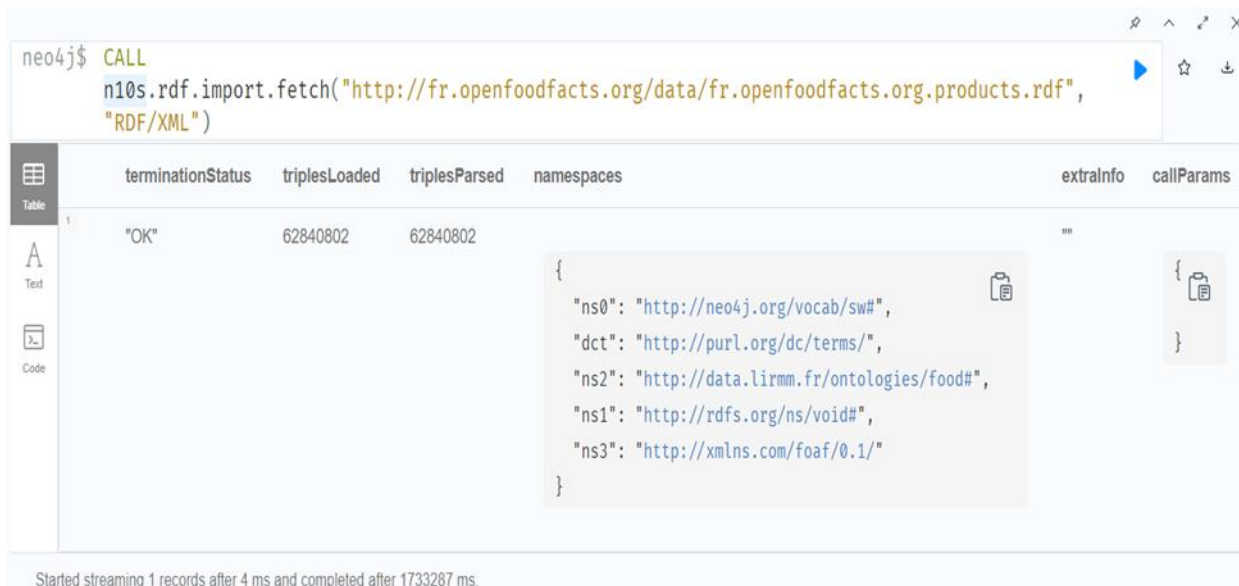


Рисунок 3. Импорт данных RDF с сайта Open Food Facts

Общее представление полученной БД представлено на рисунке 4.

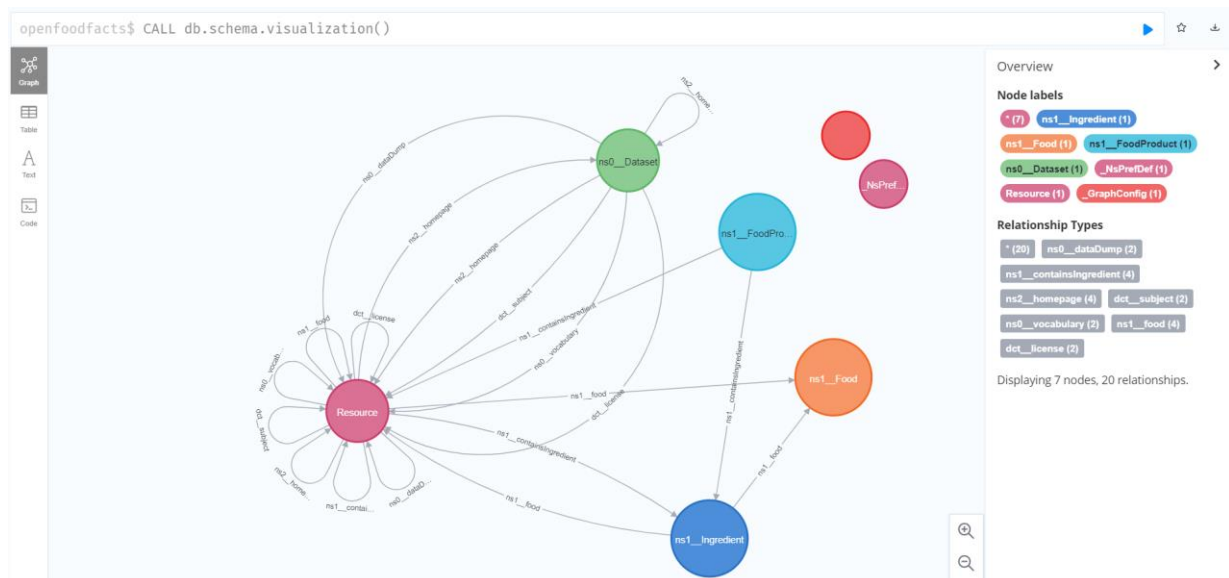


Рисунок 4. Общее представление схемы графовой базы данных

В данной БД основными типами узлов являются:

- *FoodProduct* – продукты;
- *Food* – ингредиенты, которые могут содержаться в продуктах;
- *Ingredient* – промежуточные узлы, соединяющие узлы *FoodProduct* и *Food*, в которых указывается, сколько ингредиента содержится в продукте.

Основными типами связей являются:

–*containsIngredient* – соединяет продукт *FoodProduct* и промежуточный узел *Ingredient*;

–*food* – соединяет промежуточный узел *Ingredient* и ингредиент *Food*.

В полученной базе данных можно искать различную информацию о продуктах и составе их ингредиент. К примеру, с помощью запроса, представленного ниже, можно узнать, какой набор общих ингредиентов у двух продуктов. Результат запроса показан на рисунке 5.

```
MATCH (prod1:Resource { uri: 'http://world-fr.openfoodfacts.org/produit/5053827196642/coco-pops-kellogg-s'})
MATCH (prod2:Resource { uri: 'http://world-fr.openfoodfacts.org/produit/5010358227290/2-snack-pork-pies-spar'})
MATCH (prod1)-[:ns1__containsIngredient]->(x1)-[:ns1__food]->(sharedIngredient)<-[:ns1__food]-(x2)<-[:ns1__containsIngredient]-(prod2)
RETURN prod1, prod2, x1, x2, sharedIngredient
```

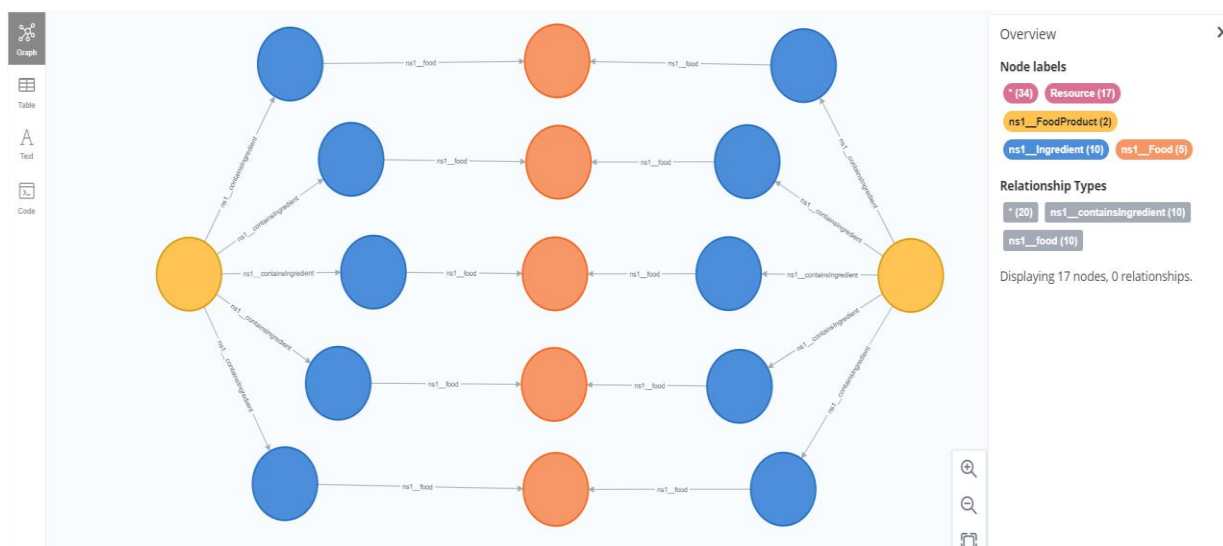


Рисунок 5. Вывод общих ингредиентов у двух продуктов

В данных RDF хранятся все данные и характеристики продуктов и ингредиентов. На рисунке 6 видно, что каждый узел продукта *FoodProduct* имеет набор свойств, таких как идентификационный номер узла, название продукта, содержание различных микроэлементов в продукте и т.д., каждый узел ингредиента имеет идентификационный номер, название ингредиента и *uri*, а промежуточный узел между продуктом и ингредиентом *Ingredient* имеет идентификационный номер, свойство, указывающее на то, сколько ингредиента содержится в продукте и *uri*.

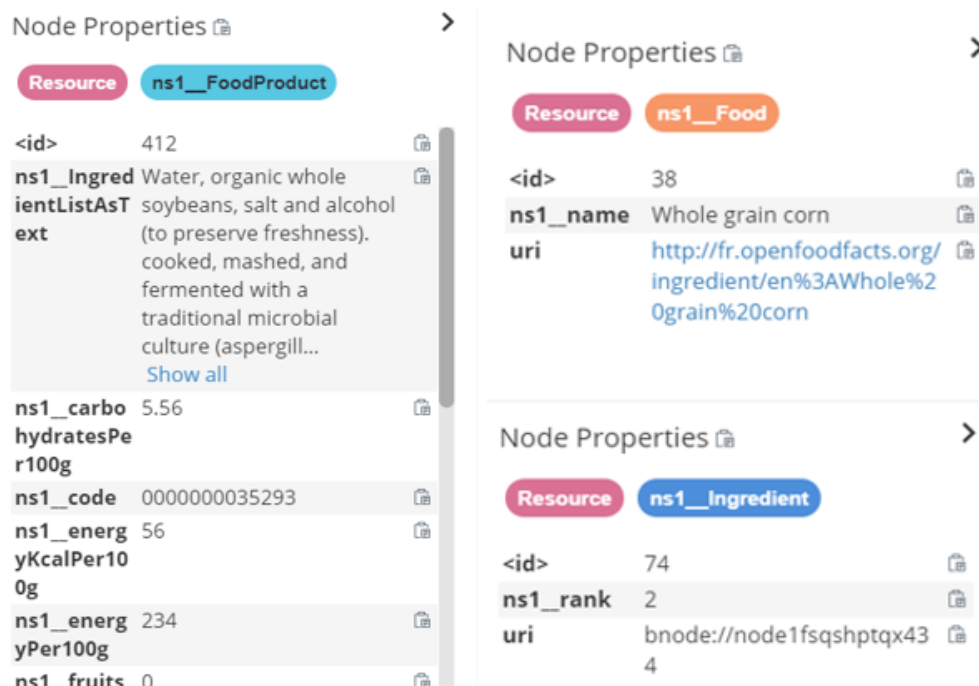


Рисунок 6. Свойства узлов графовой БД с продуктами питания

Таким образом, мы получаем универсальный инструмент для быстрого поиска информации о нужном нам продукте, сортировке и выборке продуктов по определённому свойству и др.

К примеру, вы можем найти все продукты, в которых содержится пастеризованное молоко и в которых на 100 г продукта содержится меньше 100 ккал. Для этого требуется выполнить следующий запрос. Результат запроса представлен на рисунке 7.

```
MATCH (f:ns1__FoodProduct)
WHERE ((any(ingredient in split(f.ns1__IngredientListAsText,',')) WHERE ingredient = 'Pasteurized milk')) and (toFloat(f.ns1__energyKcalPer100g) < 100)
RETURN f LIMIT 100
```

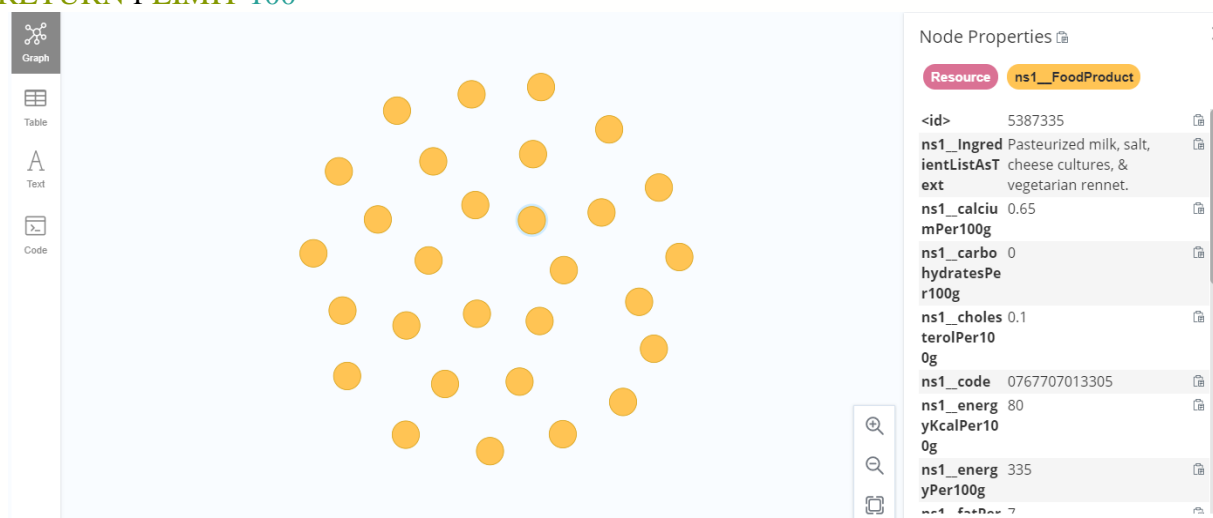


Рисунок 7. Продукты, содержащие пастеризованное молоко и содержащие меньше 100 ккал на 100 г

По данному запросу, в нужную выборку продуктов попало 29 продуктов питания.

Рекомендуемая норма соли для человека в день не более 5 грамм. А пальмовое масло для человека не очень полезное. С помощью следующего не простого запроса можем найти все продукты, которые не содержат пальмовое масло и содержания соли которых на 100 г меньше 0,5 г. Результат запроса представлен на рисунке 8.

```
MATCH (f:ns1__FoodProduct)
WHERE ((any(ingridient in split(f.ns1__IngredientListAsText,',')) WHERE ingridient <> 'palm oil')) and (toFloat(f.ns1__saltPer100g) < 0.5))
RETURN f LIMIT 100
```

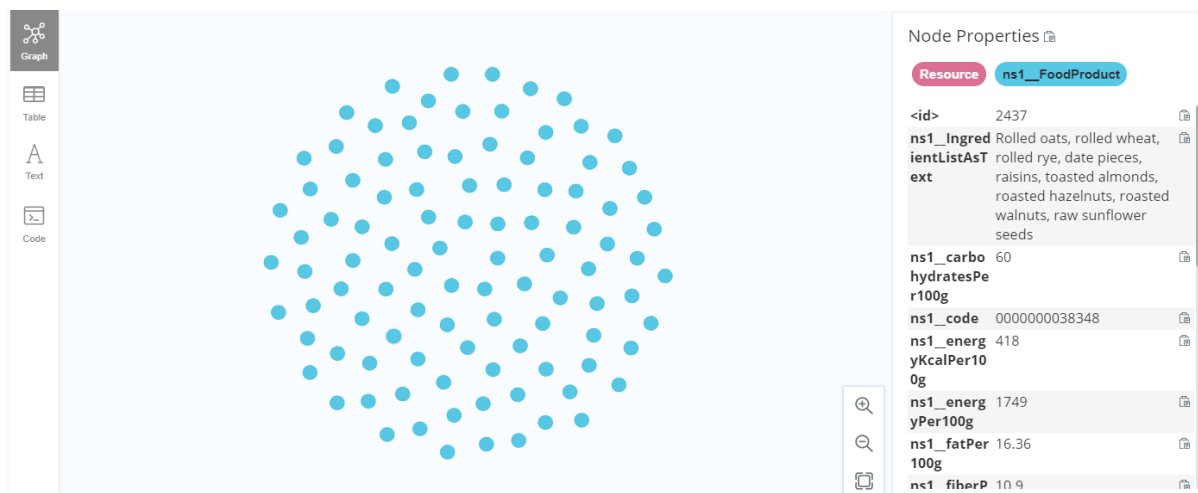


Рисунок 8. Продукты, не содержащие пальмового масла и содержащие меньше 0,5 г соли на 100 г

Построение графа свойств на основе данных, встроенных в веб-страницы (JSON).

При сериализации данных, наиболее распространённым типом данных является JSON. Он часто используется на сайтах со статьями и публикациями. Рассмотрим сайт со статьями на научные темы Oxford Academic [11]. Как правило, все элементы, нужные для сериализации и построения графовой БД находятся в коде страницы сайта в script элементе с типом *application/ld+json*.

Здесь в специальном формате представлены необходимые данные об узлах, их свойствах и связях между ними будущей графовой базы данных. Для извлечения информации с веб-страницы можно использовать процедуру АРОС **apoc.load.html**, представленную ниже. Для этого требуется URL-адрес страницы и CSS-подобный селектор, чтобы выбрать конкретный элемент, который вам нужен. Результат запроса представлен на рисунке 9.

```
CALL apoc.load.html("https://academic.oup.com/journals", { jsonld: 'head script[type="application/ld+json"]' }) YIELD value
```



Рисунок 9. Извлечение информации с веб-страницы с помощью АРОС

Для визуализации и анализа RDF используется плагин Neosemantics. С помощью комбинированного запроса, представленного ниже, можно сериализовать данные главной страницы сайта и трёх его статей в RDF. Результат сериализации представлен на рисунке 10.

```
UNWIND ["https://academic.oup.com/journals", "https://academic.oup.com/jat/advance-article/doi/10.1093/jat/bkab114/6422696?searchresult=1", "https://academic.oup.com/nargab/article/3/4/lqab103/6423165?searchresult=1", "https://academic.oup.com/pcp/advance-article/doi/10.1093/pcp/pcab162/6422744?searchresult=1"] as page
CALL apoc.load.html(page, { jsonld: 'head script[type="application/ld+json"]' }) YIELD value
CALL n10s.rdf.import.inline(value.jsonld[0].data, "JSON-LD") yield terminationStatus,
triplesLoaded, triplesParsed, extraInfo
RETURN page, terminationStatus, triplesLoaded, triplesParsed, extraInfo
```

	page	terminationStatus	triplesLoaded	triplesParsed	extraInfo
1	"https://academic.oup.com/journals"	"OK"	1578	1578	""
2	"https://academic.oup.com/jat/advance-article/doi/10.1093/jat/bkab114/6422696?searchresult=1"	"OK"	48	48	""
3	"https://academic.oup.com/nargab/article/3/4/lqab103/6423165?searchresult=1"	"OK"	51	51	""
4	"https://academic.oup.com/pcp/advance-article/doi/10.1093/pcp/pcab162/6422744?searchresult=1"	"OK"	29	29	""

Started streaming 4 records after 38 ms and completed after 14433 ms.

Рисунок 10. Сериализация главной страницы и трёх статей сайта Oxford Academic

На рисунке 11, приведено общее представление графовой базы данных, полученной из сайта с помощью технологии быстрого построения тематической графовой БД.

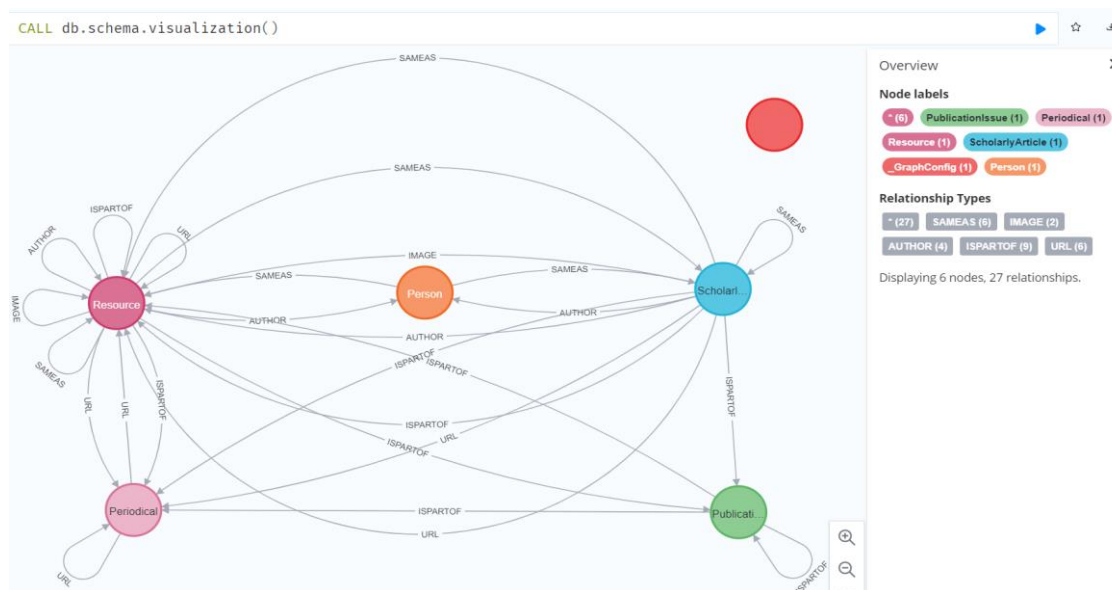


Рисунок 11. Общее представление графовой БД сайта Oxford Academic

После сериализации образовались узлы 6 видов и связи 5 видов. Фрагмент JSON-LD использует Schema.org словарь [12], откуда берутся все элементы в схеме графа. Каждый элемент имеет определённый тип и свойства, характерные только ему.

В случае получившегося запроса имеются следующие виды узлов:

- *Periodical* – тип сайта, означающий, что на сайте имеются публикации, выпущенные в последовательных частях с числовыми или хронологическими обозначениями и предназначенные, например, для журнала, научного журнала или газеты на неопределенный срок;
- *ScholarlyArticle* – научная статья или публикация;
- *Person* – человек, в случае со статьями, автор или издатель статьи;
- *PublicationIssue* – часть последовательно издаваемой публикации, такой как периодическое издание или том публикации, часто пронумерованная, обычно содержащая группу работ, таких как статьи;
- *_GraphConfig* – узел, содержащий в себе все настройки и конфигурацию плагина Neosemantics;
- *Resource* – все остальные узлы, которые не попали под какую-либо из категорий.

Имеются следующие виды связей:

- *sameAs* – связь, которая указывает на идентичность элементов;
- *image* – изображение предмета. Это может быть URL-адрес или полностью описанный ImageObject;
- *author* – автор какой-либо публикации или статьи;
- *isPartOf* – указывает на элемент, частью которого является этот элемент
- *url* – URL-адрес элемента.

Созданная ИТ среда Neo4j Desktop позволяет анализировать какие веб-страницы и элементы связаны друг с другом и какой связью, а также объединять несколько похожих графовых баз данных (к примеру, различные сайты со статьями) в одну графовую базу данных. При этом повторяющиеся узлы, которые будут присутствовать в нескольких баз данных, при объединении так же будут объединяться.

Сериализуем данные (главную страницу и три статьи) с ещё одного сайта со статьями Medium [13]. Для этого выполним запрос, указанный ниже. На рисунке 12 результат запроса.

```
UNWIND ["https://medium.com", "https://medium.com/zoey-writes/my-husbands-white-mistress-cut-our-black-daughter-s-hair-without-my-consent-6bbaed606130", "https://baos.pub/5-books-i-have-recommended-over-100-times-a62049a8e90e", "https://entrylevelrebel.medium.com/science-just-confirmed-elon-musks-favorite-interview-question-is-brilliant-2a1e328592f5"] as page
CALL apoc.load.html(page, { jsonld: 'head script[type="application/ld+json"]' }) YIELD value
CALL n10s.rdf.import.inline(value.jsonld[0].data, "JSON-LD") yield terminationStatus,
triplesLoaded, triplesParsed, extraInfo
RETURN page, terminationStatus, triplesLoaded, triplesParsed, extraInfo
```

	page	terminationStatus	triplesLoaded	triplesParsed	extraInfo
1	"https://medium.com"	"OK"	10	10	"
2	"https://medium.com/zoey-writes/my-husbands-white-mistress-cut-our-black-daughter-s-hair-without-my-consent-6bbaed606130"	"OK"	30	30	"
3	"https://baos.pub/5-books-i-have-recommended-over-100-times-a62049a8e90e"	"OK"	30	30	"
4	"https://entrylevelrebel.medium.com/science-just-confirmed-elon-musks-favorite-interview-question-is-brilliant-2a1e328592f5"	"OK"	30	30	"

Рисунок 12. Сериализация главной страницы и трёх статей сайта Medium

На рисунке 13, приведено общее представление графовой базы данных, полученной из сайта Medium.

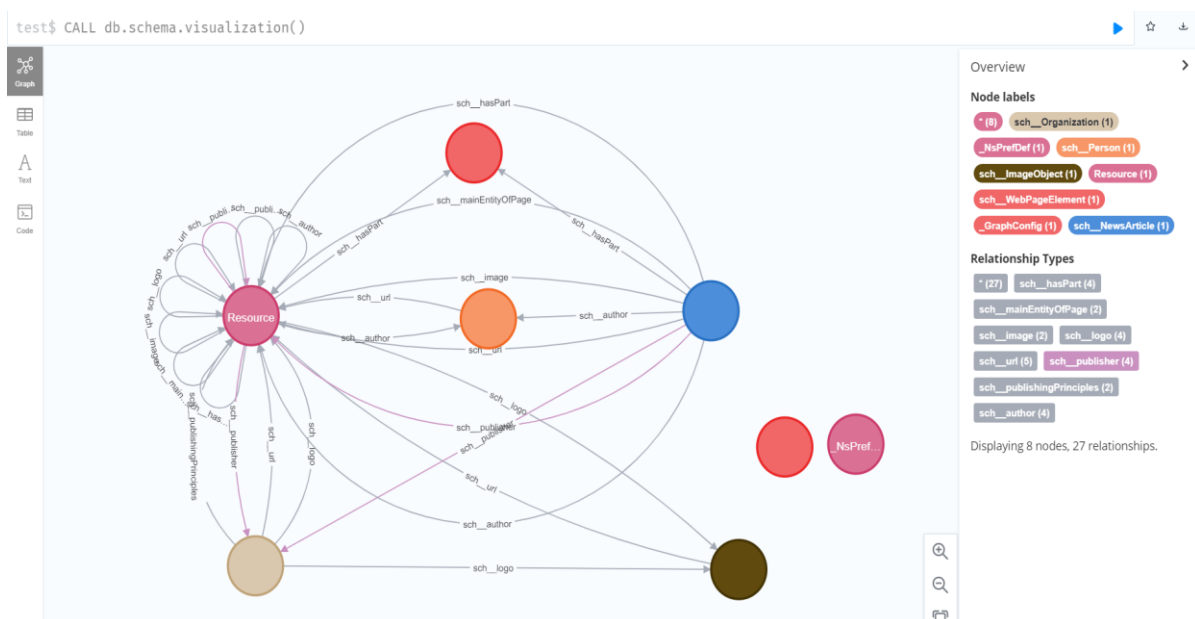


Рисунок 13. Общее представление графовой БД сайта Medium

С помощью таких запросов можно сериализовать данные с разных сайтов в одну графовую БД. На рисунке 14 представлено общее представление графовой БД сайтов Medium и Oxford Academic. На данном представлении видно, что узлы (Person, NsPreDef, Resource, GraphConfig), которые были и в первой, и во второй графовой базах данных, объединились, как и повторяющиеся типы связей (image, url, author).

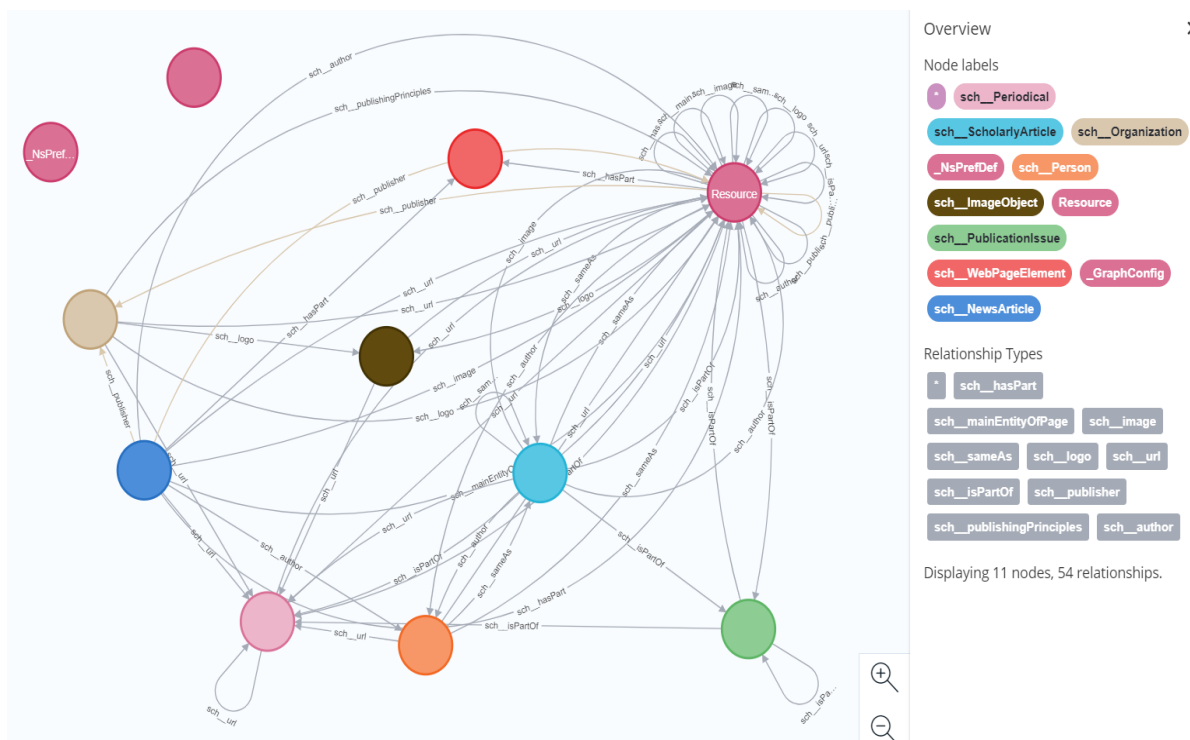


Рисунок 14. Общее представление графовой БД сайтов Medium и Oxford Academic

Построение тематической графовой БД на основе данных Turtle.

В качестве примера технологии построения графовой БД будут использоваться данные на общедоступном популярном сайте Wikipedia [6]. Эти данные хранятся в формате **Turtle** и могут быть сериализованы в графовую базу данных с помощью комбинирования запросов SPARQL и возможностей Neo4j (информация о данных хранится на сайте Wikidata [7]).

С помощью следующего запроса, представленного на рисунке 15, сериализуем данные о населении Беларуси за последние 12 лет, начиная с 1 января 2010 года.

```
WITH 'PREFIX neo: <neo4j://voc#> 1
CONSTRUCT { 2
  ?country a neo:Country . 3
  ?country neo:countryName ?countryLabel . 4
  ?country neo:inContinent ?continent . 5
  ?continent neo:continentName ?continentLabel . 6
  ?country neo:hasPopulationCount [ neo:population ?population ; neo:onDate ?date ] . 7
  ?population a neo:PopulationCount
}
WHERE {
  ?country wdt:P17 wd:Q184 ;
  rdfs:label ?countryLabel .
  filter(lang(?countryLabel) IN ("en", "ru")) .
  ?country wdt:P30 ?continent .
  ?continent rdfs:label ?continentLabel .
  filter(lang(?continentLabel) IN ("en", "ru")) .
  ?country p:P1082 ?populationStatement .
  ?populationStatement ps:P1082 ?population;
  pq:P585 ?date .
  filter(?date > "2010-01-01"^^xsd:dateTime)
}
LIMIT 20' AS sparql

CALL n10s.rdf.preview.fetch(
  'https://query.wikidata.org/sparql?query=' + apoc.text.urlencode(sparql),
  'Turtle' ,
  { headerParams: { Accept: "application/x-turtle" } }
)
YIELD nodes, relationships
RETURN nodes, relationships
```

Рисунок 15. Запрос для сериализации данных о населении Беларуси

Перевод данных в RDF осуществляется запросом SPARQL CONSTRUCT, в результате выполнения которого поток троек субъекта, предиката и объекта, которые вместе представляют граф RDF.

SPARQL CONSTRUCT состоит из следующих строк: 1 – данный оператор определяет пространство имен neo4j; 2 – раздел CONSTRUCT запроса определяет триплеты; 3 – neo:Country заменяется на wdt:P17 (страна) wd:Q184 (Беларусь); 4 – узел страны будет иметь свойство countryName; 5 – страна будет иметь inContinent отношение к своему континенту; 6 – континент будет иметь continentName свойство; 7 – для подсчёта населения создаётся тройка, чтобы представить отношение к новому узлу со свойствами для даты и подсчета.

После выполнении запроса получится результат, представленный на рисунке 16.

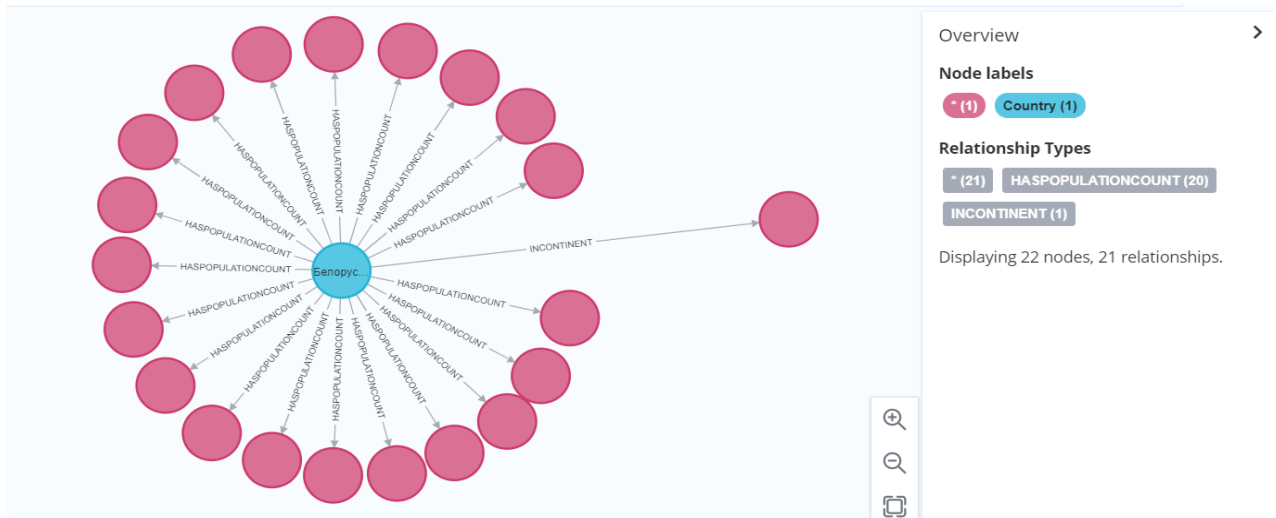


Рисунок 16. Результат выполнения запроса

На данном графе образовалось два типа связей. Связь *INCONTINENT* связывает главный узел *Белоруссия* с узлом *Европа*, а связи *HASPOPULATIONCOUNT* связывает главный узел *Белоруссия* с узлами, значения которых показывают население Беларуси в разные годы. Свойства некоторых из узлов представлены на рисунке 17.

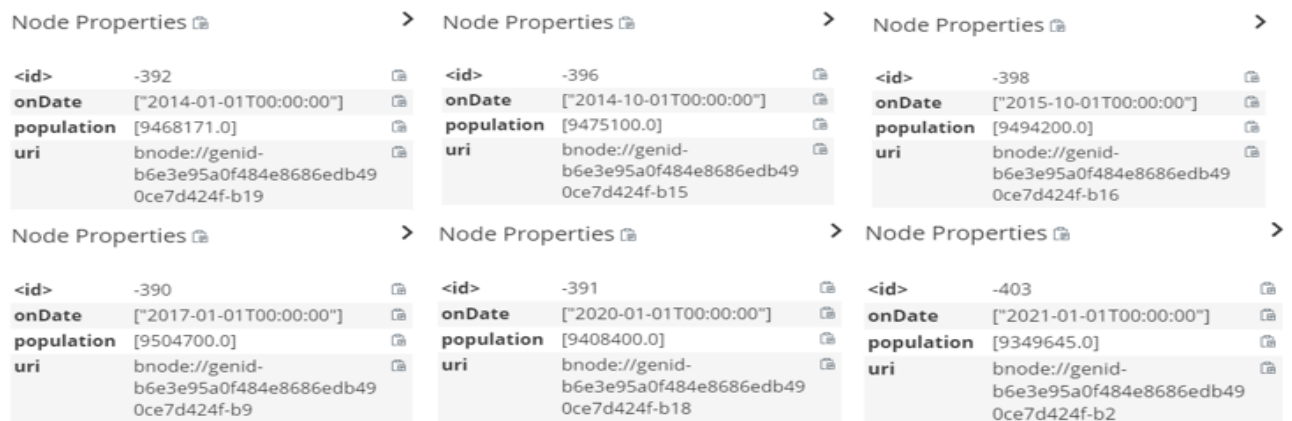


Рисунок 17. Свойства узлов Населения

Из полученных свойств узлов можно узнать численность населения Беларуси в разное время (см. таблицу 1).

Таблица 1. Численность населения Беларуси

Дата	01.01.2014	01.10.2014	01.10.2015	01.01.2017	01.01.2020	01.01.2021
Население, чел	9468171	9475100	9494200	9504700	9408400	9349645

Заключение.

Результаты приведенные в статье представляют собой инновационный научно-образовательный проект БГУИР. Результаты выполнения проекта используются при обучении студентов и магистрантов по тематике «Обработка больших объемов информации».

В данной статье проанализировано довольно сложное современное направление – как представление знаний с помощью специальных глобальных словарей предметных областей, мета-описаний и специальных языков, и методологий их применения. Данная методология широко применяется для создания и описания содержимого различных широко известных сайтов: Wikipedia, DBpedia, TerMef and French Bioloinc Portal, TerMef, BIOLOINC, WikiData, Scientific Research Publishing и крупных организаций. Основная проблема состоит в том, как получить данные с данных сайтов для дальнейшего анализа, решение которой представляет не простую аналитическую и техническую задачу.

В работе была рассмотрена модель представления знаний с помощью технологии описания данных Resource Description Framework (RDF, «среда описания ресурса»), выполнены работы по созданию ИТ среды для представления и анализа данных сайтов с помощью графовой БД Neo4j, библиотек APOC и Neosemantics, их использование для сериализации данных разного формата (Turtle, N-Triples, JSON-LD, RDF / XML, TriG и N-Quads, TriG *) с различных сайтов и десериализации.

Выполнен сбор данных сайтов содержащие данные в RDF, JSON-LD и HTML представлении и импортирован в тематические графовые БД Neo4j. С помощью не простых команд получены графы знаний и проведен анализ полученных результатов.

Список использованных источников

- [1] Gartner [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2021-03-16-gartner-identifies-top-10-data-and-analytics-technologies-trends-for-2021> Дата доступа: 25.02.22.
- [2] W. L. Hamilton, Z. Ying, and J. Leskovec, "Inductive representation learning on large graphs," NIPS 2017, pp. 1024–1034, 2017.
- [3] T. Hamaguchi, H. Oiwa, M. Shimbo, and Y. Matsumoto, "Knowledge transfer for out-of-knowledge-base entities: A graph neural network approach," in IJCAI 2017, 2017, pp. ICLR 2017, 2017.
- [4] Пилецкий И.И., «Эволюционная технология разработки баз данных» // Доклады БГУИР, №3 (41), Минск, БГУИР, 2009 г. - С.107 -112.
- [5] What Is Neo4J? // [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://neo4j.com/product/neo4j-graph-database/> Дата доступа: 25.02.22.
- [6] Wikipedia // [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://en.wikipedia.org/wiki/Wikipedia/> Дата доступа: 25.02.22.
- [7] Wikidata [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.wikidata.org> Дата доступа: 25.02.22.
- [8] Среда Описания Ресурса (RDF): Понятия и Абстрактный Синтаксис [Электронный ресурс] // Режим доступа: https://www.w3.org/2007/03/rdf_concepts_ru/Overview.html / Дата доступа: 25.02.22.
- [9] Авторитетные данные в Семантическом вебе. // [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.rusmarc.ru/publish/auth_semweb.pdf / Дата доступа: 25.02.2022.
- [10] Open Food Facts [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://world.openfoodfacts.org> Дата доступа: 25.02.22.
- [11] Oxford Academic [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://academic.oup.com/journals> Дата доступа: 25.02.22.
- [12] Schema.org [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://schema.org> Дата доступа: 25.02.22.
- [13] Medium [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://medium.com> Дата доступа: 25.02.22.

ARCHITECTURAL SOLUTIONS FOR QUICK CONSTRUCTION OF A GRAPHIC DB WEB-SITE AND ANALYSIS OF ITS PROPERTIES

M.P. Batura

Head of the Laboratory of Research Laboratory 8.1 "New Educational Technologies" BSUIR, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the "International Academy of Sciences of Higher Education", Honored Worker of Education of the Republic of Belarus. Research area: System analysis, management and information processing in technical and organizational systems.

I.I. Piletski

PhD, Associate Professor of BSUIR.

H.A. Volorova

Head of the Department of Informatics at BSUIR, PhD, Associate Professor.

P.A. Zorka

Student of BSUIR Faculty of Computer Science and Programming Technologies..

A.O. Kulevich

Student of BSUIR Faculty of Computer Science and Programming Technologies.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus

E-mail: bmpbel@bsuir.by, ianmenski@gmail.com, volorova@bsuir.by, kulevich.01@gmail.com, polina.zorko16@gmail.com

Abstract. The article provides a description of architectural solutions for the rapid construction of a component of a thematic prototype of a graphical database, a knowledge graph from open Internet sources for the purpose of in-depth analysis of site data, identifying hidden dependencies in a certain scientific field. The decisions made are described, the results of the work of the component for obtaining data from the website are demonstrated.

Keywords: Internet sources, Big Data, analysis, graph database, RDF, Neo4j, RDF dictionaries.

УДК 331.101.262: [004:33]

ЭКОНОМИКА СОЗДАТЕЛЕЙ И ОБРАЗОВАНИЕ: ТОЧКИ КОНТАКТА



О.Н. Шкор

*Старший преподаватель кафедры экономики БГУИР
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь, старший преподаватель кафедры экономики,
Email: shkor@bsuir.by*

О.Н. Шкор

Родилась в Минске. Закончила БПИ в 1984 году. В 2001 г. защитила магистерскую диссертацию на тему: «Использование блочно-модульной системы обучения в профессиональной ориентации школьников» по специальности 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством». В 2010 г. защитила докторскую диссертацию (PhD) на тему: «Экономическое обоснование формирования транспортной логистической системы Республики Беларусь» в Международной кадровой академии (Киев). С 2014 г. по настоящее время - заместитель заведующего кафедрой по научно-исследовательской работе студентов.

Аннотация. На 74-й сессии Генассамблеи ООН 2021 год был объявлен Международным годом креативной экономики в интересах устойчивого развития. На мероприятиях ЮНЕСКО уже обсуждаются вопросы укрепления экономики за счет творческого сектора. Участниками креативной экономики являются не только деятели культуры, но и создатели творческого, обучающего, развлекательного контента в Сети — инфлюенсеры, блогеры, независимые авторы, которые образовали нишу Creator Economy и стали отдельным каналом маркетинга и продаж для заказчиков

Ключевые слова: экономика создателей, стартап, маркетинг влияния, творческий сектор

Введение

Образование должно опираться на современные тенденции. А высшее образование в особенности. Потому что абитуриенты хотят получить не только престижную профессию, но и приобрести такие навыки и знания, которые они не смогут добыть самостоятельно. Но уже ко 2-3 курсу, как показывает опыт, мотивация у них значительно снижается. Причина: не актуальный материал лекций, неинтересная подача, устаревшие задания в лабораторных и скучное чтение рефератов на практических. И даже, если преподаватель использует информационные технологии, современные программы, но задачи никак не связаны с жизнью, то студенты не видят в них никакого смысла. То ли дело их ровесники, или даже младшие школьники, у которых свой блог и 50 тысяч подписчиков. Они уже в школе зарабатывают серьезные деньги, и, главное, занимаются тем, что им очень нравится, в чем у них проявляется талант создателей. И вот над этим стоит задуматься. Кто они эти создатели? В чем уникальность Кремниевой долины, где собираются творцы со всего мира? Как там соединяются знания, полученные в Стенфордском университете с идеями стартаперов и деньгами венчурных инвесторов?

Экономика создателей

Наверное, ответ кроется в этой уникальной экосистеме, которая получила название Creator Economy или экономика создателей. Для США это понятие не новое, так как впервые было введено в оборот Дж. Хоукинсам в своем первом издании «The Creative

Есоному», выпущенном в 2001 г. Сегодня сфера экономики креаторов растет как на стероидах - и частично ей в этом помогла пандемия. Мы оказались закрытыми в четырех стенах, но желание получать информацию и развлекаться никуда не делось. При этом, в экономике креаторов инструменты всегда на втором месте. Главное - ты и твой контент. Онлайн сейчас лихорадит - все рванули создавать контент. Но прелесть экономики креаторов как раз в том, что она нацелена на уникальность. Можно соединять разные области и экспериментировать. Например, рассказывать про социальные проблемы во время skincare routine. Или заниматься бизнес-консалтингом в твиче[1]. Принцип, лежащий в основе экономики создателя, довольно прост. Создайте что-нибудь и используйте эту вещь, чтобы зарабатывать деньги - для создания собственной экономики.

То, что вы создаете, зависит от вас, и это может быть что-то вроде забавных видеороликов, видеоблога, музыки с комментариями, уроков йоги, видео с инструкциями, того, в чем вы чувствуете себя экспертом. Затем вы публикуете контент, распространяя его на одной из различных доступных платформ экономики создателей, таких как YouTube, Instagram, Clubhouse и TikTok.

В экономике создателей очень важно делиться навыками. Если ты лучше всех делаешь пасту, вяжешь крючком или обрабатываешь фото, в Интернете найдутся те, кто захочет у тебя этому научиться. Остается представить эти знания аудитории в удобном формате, например чеклисты, видеокурсы, игры. Для вирусных или новостных видео есть белорусский стартап StringersHub. Стрингеры (профессиональные видеооператоры или очевидцы событий) могут заливать туда репортажные ролики или выполнять заказы СМИ. На Patreon за ежемесячные донаты предоставляют «плюшки» в виде эксклюзивов или ограниченного доступа. Это дает возможность делать то, что действительно интересно аудитории, и получать за это деньги, не подстраиваясь под алгоритмы и правила крупных площадок. Еще один распространенный формат - чаевые. На Buy Me a Coffee подписчики могут разово скинуть пару долларов в поддержку и благодарность за контент.

Лояльная аудитория согласна платить креаторам наперед. Так работают все краудфандинговые платформы - за несколько дней или недель там можно насобирать на графический роман, документалку или новую технику для проекта.

Интерес бизнеса к экономике создателей

Популярность создателей онлайн-контента на TikTok и других платформах резко возросла. По состоянию на 2021 год более 50 миллионов человек по всему миру считают себя художниками. В это число также входят 2 миллиона профессионалов. 25% профессионалов зарабатывают на YouTube; 30% – на Twitch. Остальные пользуются множеством других платформ для публикации различного контента из области актёрского мастерства, литературы, музыки, иллюстраций, подкастов и других медиаматериалов. Cool hunting набирает обороты. Например, TikTok основал фонд на \$200 млн для поддержки креаторов.

В прошлом контент должен был привлекать более широкую аудиторию, если он мог приносить достаточно денег для получения прибыли. Однако сегодняшним создателям нужно сосредоточиться только на крошечной части публики, и они все еще могут собирать огромную аудиторию.

Население Америки составляет около 330 миллионов человек. Привлечение только 1% от этого числа означает аудиторию в 3300000 людей.

Если бы всего 1% этих людей платили в среднем по 10 долларов каждый, это означало бы доход от рекламы в размере 330000 долларов от одного видео, которое можно было бы снять с помощью камеры на вашем телефоне.

Легко увидеть потенциал и почему 50 миллионов человек сейчас вовлечены в экономику создателей. Безусловно, у этих людей есть так называемый дух предпринимательства, который предполагает высокую степень самостоятельности,

инициативности и творчества этих людей. Они постоянно держат руку на пульсе внешнего мира, впитывают и делятся новыми навыками, экспериментируют. А те компании, которые развились в серьезный бизнес, подпитываются новыми идеями и инвестируют средства в наиболее привлекательные для них. Конечно, здесь есть определенный риск, но без него нет прогресса и развития экономики. Когда предприниматель берет на себя риски, связанные с действием внешних для него факторов или с его собственной инициативой, он выполняет необходимые для общества функции: учитывает изменения в состоянии экономики, конъюнктуре рынка, моде, спросе на продукцию; внедряет новую технику и прогрессивную технологию, улучшает качество продукции и расширяет ее ассортимент и т.д. Решение этих задач способствует развитию экономики в целом, повышению уровня жизни населения. А высокий уровень жизни населения позволяет развивать не только бизнес, но инвестировать и в социальные проекты, медицину, образование.

Перспективы развития экономики создателей

На 74-й сессии Генассамблеи ООН 2021 год был объявлен Международным годом креативной экономики в интересах устойчивого развития. На мероприятиях ЮНЕСКО уже обсуждаются вопросы укрепления экономики за счет творческого сектора. Участниками креативной экономики являются не только деятели культуры (художники, музейное дело, музыканты), но и создатели творческого, обучающего, развлекательного контента в Сети — инфлюенсеры, блогеры, независимые авторы, которые образовали нишу Creator Economy и стали отдельным каналом маркетинга и продаж для заказчиков[2].

Экономика создателей помогает зарабатывать в любой сфере. Врач может вести свой Tik-Tok рассказывая про различные болезни или примеры из жизни. Учитель, маркетолог, программист, любой человек сегодня может вести свой блог и зарабатывать на этом деньги. Общая экономика креаторов оценивается в 104 миллиарда долларов, при этом 77% доходов поступает авторам от рекламы различных брендов[3]. Заработок авторов (сравнительный отчет за 2021», опубликованный Influencermarketing.com), показал, что около 43% всех авторов зарабатывают примерно 50 000 долларов в год. Эти цифры подтверждаются цифрами роста творческой экономики – на 800 миллионов долларов в 2020 году.

Заключение

Как ни странно, но пандемия очень помогла выделить и в педагогической среде действительно творческих людей. На их дистанционных занятиях было интересно всей семье, к ним записывались на дополнительные платные уроки. В этот период появилось много интересных стартапов, которые выросли в уже известные площадки, где практикуют творческие педагоги. Это и платформа электронных сервисов для образования «Знай•бай» и онлайн-проект для развития логики и математических способностей «Logiclike», платформа для инвестиций в человеческий капитал «Vedai», построенный на технологии блокчейна [4]. Проект нацелен на граждан Республики Беларусь, которые хотят начать карьеру в IT, но не могут себе этого позволить ввиду определенных препятствий. И таких разработок в сфере образования будет все больше с каждым годом, потому что меняется общество, появляются новые технологии, не за горами Web 3.0, который даст новый толчок и экономике создателей, и образованию.

Список использованных источников

[1] .Как устроены новые образовательные среды. Кейс проектных интенсивов Университета 2035[Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://vc.ru/education/210035-kak-ustroeny-novye-obrazovatelnye-sredy-keys-proektnyh-intensivov-universiteta-2035>

[2] Соловьев А. Что такое Creator Economy и зачем инвестировать в инфлюенсеров [Электронный ресурс]Режимдоступа:<https://trends.rbc.ru/trends/innovation/6166bd6f9a79478e2d12d519>

[3] Писарева К. Экономика креаторов. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://skvot.io/ru/blog/ekonomika-kreatorov>

CREATOR ECONOMICS AND EDUCATION: POINTS OF CONTACT

O.N.SHKOR

Senior Lecturer

at the Department of Economics BSUIR

Senior Lecturer at the Department of Economics BSUIR Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics G. Minsk, Republic of Belarus, Senior Lecturer at the Department of Economics

E-mail: shkor@bsuir.by

Abstract. At the 74th session of the UN General Assembly, 2021 was declared the International Year of the Creative Economy for Sustainable Development. Issues of strengthening the economy at the expense of the creative sector are already being discussed at UNESCO events. Participants in the creative economy are not only cultural figures, but also creators of creative, educational, entertainment content on the Web - influencers, bloggers, independent authors who have formed a niche Creator Economy and have become a separate marketing and sales channel for customers.

Keywords: the economy of creators, startup, influence marketing, creative sector

УДК 37.09

МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ КОМПЬЮТЕРНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ



Е.И. Лещевич
магистрант БГУИР,
инженер кафедры
электронной техники и
технологии БГУИР



П.В. Камлач
заместитель декана
факультета
компьютерного
проектирования,
кандидат технических
наук, доцент



И.И. Ревинская
аспирант бгуир,
ассистент кафедры
электронной техники
и технологии БГУИР



В.М. Бондарик
декан факультета
доуниверситетской
подготовки и
профессиональной
ориентации,
кандидат
технических наук,
доцент

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Республика Беларусь
Email: e.leshchovich@bsuir.by, kamlachpv@bsuir.by

Е.И. Лещевич

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Магистрант кафедры инженерной и компьютерной графики БГУИР. Область научного интереса – методы обработки результатов компьютерного тестирования.

П.В. Камлач

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Доцент, кандидат технических наук, заместитель декана факультета компьютерного проектирования, доцент кафедры электронной техники и технологии БГУИР. Область научного интереса – проектирование медицинских электронных систем.

И.И. Ревинская

Окончила Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Аспирант и ассистент кафедры электронной техники и технологии БГУИР. Область научного интереса – методы регистрации и обработки биомедицинских сигналов.

В.М. Бондарик

Образование: 1983-1988 – Минский радиотехнический институт, специальность «Конструирование и производство радиоаппаратуры», квалификация – инженер-конструктор-технолог. Область научного интереса – проектирование медицинских электронных систем, внедрение дистанционных образовательных технологий.

Аннотация. В работе рассмотрены методы компьютерного тестирования, методы оценки надежности результатов тестирования. Предложены система компьютерного тестирования и способ оценки знаний тестируемых, позволяющие оценивать вероятность использования внешних источников информации при ответах на вопросы теста.

Ключевые слова: надежность, тестирование, приложение.

Введение.

В современном образовании компьютерное тестирование широко используется как средство определения качества знаний у учащихся. В отличие от классических форм контроля знаний, компьютерное тестирование более эффективный инструмент определения результатов, так как тестирование повышает технологичность процедуры проверки: обеспечивает автоматическую проверку знаний, повышает объективность оценки, сокращает время проверки.

Технологии BigData находят широкое применение в разработке систем компьютерного тестирования, которые включают в себя применение баз данных, обработку результатов тестирования, статистический анализ полученных ответов, оценку достоверности полученных результатов. С увеличением количества вопросов, тестов и тестируемых людей, увеличивается время обработки тестов и возникает вопрос определения надежности результатов тестирования.

Система компьютерного тестирования – это информационная система, предназначенная для проверки знаний в рамках учебного процесса. Ее состав может быть определен, исходя из структуры любой информационной системы, например, включать следующие модули: система проведения тестирования, модуль аутентификации, база участников, протокол тестирования, модуль проверки, статистический анализ, шкала оценок, база тестируемых. Системы компьютерного тестирования позволяют освободить преподавателя от рутинной работы при проведении экзаменов и промежуточной оценке знаний в традиционном учебном процессе, а при обучении с использованием дистанционных технологий становятся основным средством контроля тестов.

Еще одними из основных преимуществ использования компьютерного тестирования являются возможность автоматизации обработки результатов, объективность контроля и быстрая проверка качества подготовки большого числа тестируемых по широкому кругу вопросов. Это позволяет определить разделы, которые представляют наибольшую сложность в изучении, и, возможно, корректировать процесс обучения в зависимости от результатов тестирования. Именно в автоматизированных системах тестирования в наибольшей степени проявляются многие преимущества тестового контроля знаний (оперативность, легкость сбора статистики и пр.). Однако, большим недостатком тестового контроля является недобросовестный подход тестируемых к выбору ответов на вопросы (использование сторонних источников информации). Для этого разработана система компьютерного тестирования со структурированной базой данных, которая позволяет определять использует ли тестируемый сторонние источники информации при прохождении тестов.

Методы оценки надежности результатов тестирования.

Тестирование с помощью параллельных форм.

Наиболее популярные педагогические тесты имеют параллельные формы. По сути, в них раскрывается одно и то же содержание, но вопросы внешне разные. Для обоснования параллелизма тестов помимо смысловой и логической связи вводится условие необходимости равенства их средних арифметических и дисперсий [1]. Несмотря на то, что сохраняется то же условие для обоснования параллелизма отдельных вопросов, студентам сначала дается одна форма теста, а через некоторое время – другая. Если полученные результаты сильно коррелируют между собой, то можно утверждать об устойчивости знаний учащихся.

Раздельная корреляция.

Этот метод позволяет проверить надежность в одном тесте [2]. Весь тест, состоящий из заданий или утверждений, делится пополам. Обычная процедура для этого такова: результаты испытуемых суммируются отдельно в четных заданиях и в нечетных; суммы, полученные пополам, соотносятся. Для того чтобы узнать, каков коэффициент

достоверности теста в целом, значение коэффициента, полученного из двух половин, устанавливаются по формуле 1 Спирмена-Брауна:

$$r = \frac{k}{k-1} \cdot \left[1 - \frac{\sum p_i g_i}{St^2} \right], \quad (1)$$

где k – количество заданий в тесте,

$\sum p_i g_i$ – сумма дисперсий отдельных заданий [1],

St^2 – сумма дисперсий по всему тесту.

Полученный коэффициент корреляции свидетельствует о надежности теста в зависимости от надежности каждого отдельного пункта, поэтому его лучше назвать коэффициентом внутренней согласованности теста [3].

Надежность теста тем выше, чем меньше дисперсия составляющей ошибки измерения и больше общая дисперсия. Поэтому надежный тест лучше различает сильных и слабых учащихся: их оценки должны быть более дифференцированными. Сравнивая пятибалльную шкалу оценивания, например, с десятибалльной, как в Республике Беларусь, очевиден главный недостаток именно малого размаха и, соответственно, низкой дифференцирующей способности.

Другой причиной недостаточной надежности тестов обычно является малое количество заданий. В теории тестирования известна зависимость между количеством эквивалентных задач и надежностью. На этом основана еще одна формула (2) Спирмена-Брауна, позволившая оценить, насколько повысится надежность теста при увеличении количества заданий в n раз:

$$r = \frac{nr}{1+(n-1)r}, \quad (2)$$

где r – повышенная надежность расширенного теста;

n – кратность увеличения количества заданий в тесте.

Повторное тестирование.

Один и тот же тест проводится в одной и той же группе испытуемых дважды через определенный промежуток времени. Результаты первого и второго тестов соотносятся, полученный коэффициент указывает на достоверность, в данном случае на воспроизводимость результатов испытуемых. В качестве ошибочных компонентов здесь рассматривались изменения знаний учащихся (забывание, заучивание и т. д.), влияющие на достоверность (стабильность) результатов [3, 4].

Коэффициент надежности r , полученный методом повторных испытаний, правильнее называть коэффициентом стабильности или коэффициентом воспроизводимости, и рассчитывается по формуле (3):

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{\left[n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}} \quad (3)$$

где x_i, y_i – индивидуальный балл i -го испытуемого в первом и втором тестировании соответственно,

n – число вопросов в тесте.

По значению коэффициента надежности можно дать качественно-количественную характеристику связи: если $r > 0,8$ то надежность высокая, если $0,5 < r < 0,8$ – удовлетворительная надежность, $r < 0,5$ – низкая надежность.

Прокторинг.

Эта процедура наблюдения за ходом дистанционного тестирования (по-английски «проктор» – наблюдатель на экзаменах в вузе) [3]. Это понятие уже достаточно хорошо известно не только специалистам. Исследователи выделяют следующие системы прокторинга:

1. Пассивный мониторинг программного обеспечения на компьютерах испытуемых. Это делается путем мониторинга приложений, которые студенты используют на своих ПК, и переключения на другие службы во время экзамена.

2. Активное ограничение программного обеспечения на компьютерах учащихся. Например, приложение может блокировать доступ к другим приложениям во время экзаменов.

3. Пассивное видеонаблюдение с использованием программного обеспечения, которое получает доступ к веб-камере учащихся для прямой записи всех действий [1]. Онлайн-контроль проходит без экзаменатора, без участия человека. Записывается видео и звук, автоматически выявляются подозрительные действия людей и фиксируются нарушения. При грубом несоблюдении правил (замена экзаменуемого, копирование заданий) программа автоматически блокирует доступ к системе.

4. Активное видеонаблюдение: реализовано аналогично пассивному, но с добавлением мониторинга в реальном времени. Один проктор (наблюдатель) может наблюдать за несколькими студентами одновременно. Методы оценки достоверности компьютерного тестирования осуществляются на основе стереотипных поведенческих реакций – паттернов. Это определенный набор, паттерн поведенческих реакций или последовательность стереотипных действий человека по отношению к какой-либо сфере, где человек применяет паттерны. Это метод не нашел широкого распространения в виду сложности технической реализации и высокой стоимости программного обеспечения.

Обработка результатов компьютерного тестирования.

В классическом тестировании нахождение итога осуществляется за два шага: 1 шаг – проверка результатов выполнения каждого задания (по дихотомической шкале); 2 шаг – суммирование результатов по всем заданиям, определение конечного балла [5].

Эти же шаги можно выделить и при компьютерном тестировании, хотя в их реализации появляется определенная специфика. Шаг 1. Проверка выполнения отдельных заданий. Как отмечалось выше, при разработке компьютерного теста в банк заданий закладываются не только тексты заданий, но и верные (эталонные) ответы. В процессе опроса система принимает ответ учащегося и сопоставляет с эталоном. Результат сопоставления может быть оценен по-разному. При дихотомической схеме тестируемый получает за выполнение тестового задания «1», если ответ полностью совпал с эталонным, и «0» при несовпадении или частичном совпадении. Однако в программах компьютерного тестирования легко предусмотреть вычисление доли правильности ответа, величина которой находится между 0 и 1; как и ранее, результат выполнения задания i студентом j будем обозначать x_{ij} , однако, теперь смысл этой величины – доля правильности. При этом может быть установлен обязательный минимум выполнения задания, ниже которого доля принимается равной «0».

Например, для выполнения задания требуется дать 5 ответов, а минимальная доля установлена 0,6; тогда при 5-ти верных ответах доля составит 1, при 4-х – 0,8; при 3-х – 0,6; при 2-х – 0,4, 1-м и невыполнении – 0. Понятно, что оценка по доле правильности более точно отражает учебные достижения тестируемого.

В общем случае минимальная доля правильности может быть настраиваемым параметром схемы оценивания, однако, с нашей точки зрения вполне уместно установить его (и «зашить» в программу) равным именно 0,6 – это соответствует мировой практике, когда экзамен считается сданным, если студент набирает не менее 60 баллов из 100.

Шаг 2. Подсчет итогового значения

а) Доля правильности выполнения теста R_j рассчитывается по формуле:

$$R_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ij}, \quad (3)$$

где N – число заданий в тесте;

x_{ij} – доля правильности выполнения задания номер j студентом номер i ;

R_j – доля выполнения студентом j всего теста.

При использовании данного варианта по умолчанию принимается, что значимость всех заданий (и, следовательно, их вклад в результат) одинакова.

б) Усреднение долей выполнения заданий с учетом их трудности. Пусть назначенная трудность задания $p_i^{(D)}$ – именно она может служить весовым коэффициентом, отражающим значимость задания. Тогда долю выполнения теста можно найти как взвешенное среднее:

$$R_j = \frac{\sum_{i=1}^N x_{ij} p_i^{(D)}}{\sum_{i=1}^N p_i^{(D)}}. \quad (4)$$

Формулы (3) и (4), по сути, соответствуют формулам (1) и (2), но с нормировкой не на 1, а на максимально возможное количество баллов за тест (N). В формуле (4) – простое суммирование долей правильности выполнения всех заданий студентом j дает суммарный балл:

$$X_j = \sum_{i=1}^N x_{ij}. \quad (5)$$

Снова по умолчанию предполагается одинаковая значимость всех заданий (4) суммированием с учетом весов:

$$X_j = N \cdot \frac{\sum_{i=1}^N x_{ij} p_i^{(D)}}{\sum_{i=1}^N p_i^{(D)}} = N \cdot R_j. \quad (6)$$

Система компьютерного тестирования.

Разработанная система представляет собой приложение, которое открывается в окне веб-браузера. Интерфейс имеет достаточно простой и понятный дизайн. Студент запускает

приложение, вводит свои данные (логин, пароль) выбирает тест, который необходимо пройти и начинает работать. Окно программы представлено на рисунке 1.

Для того чтобы определить вероятность, когда тестируемый использует сторонние источники информации при ответах на вопросы теста, было целесообразно отслеживать поведение тестируемого путем фиксации данных о перемещениях по экрану и простоях мыши, а также времени ответа на вопросы теста.

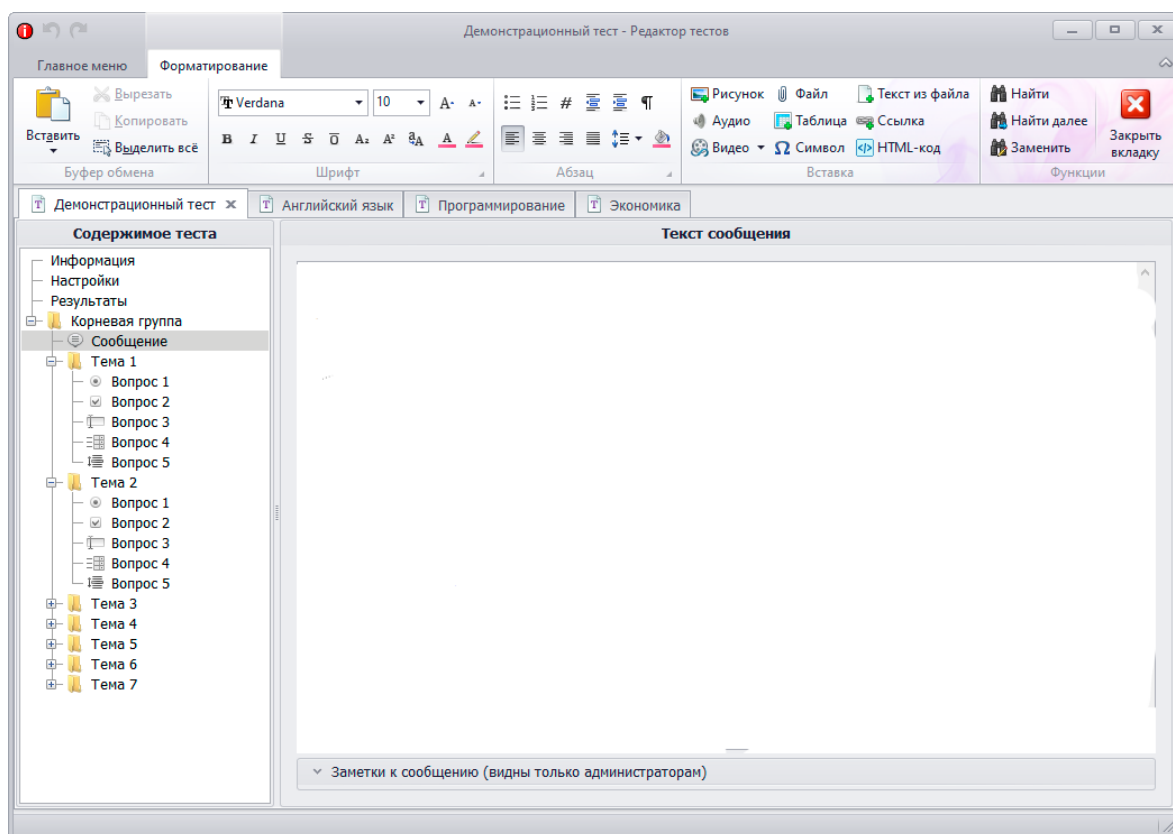


Рисунок 1. Интерфейс программы

В систему было встроено два таймера: первый отсчитывает время ответа на вопросы теста, а второй отсчитывает время бездействия мыши во время ответа на каждый вопрос. Принцип его работы заключается в проверке изменения координат мыши с интервалом 0,25 секунды. Если за данный период времени координаты местоположения мыши не изменились, то таймер начинает отсчет и запись времени бездействия. Как только местоположение манипулятора изменяется, полученный интервал (время бездействия) записывается в массив данных, и операция повторяется снова. По завершении прохождения испытуемым теста, формируется отчет с данными, собранными за это время, с целью определения вероятности использования испытуемым внешних источников информации.

Работа системы заключается в том, чтобы анализировать поведение испытуемого во время прохождения теста и проверять с какой вероятностью испытуемый использовал внешние источники информации при ответах на вопросы теста. Итоговая вероятность использования внешних источников информации записывается как процентное соотношение количества вопросов, на которые испытуемый предположительно отвечал с использованием внешних источников информации к общему количеству вопросов в тесте, с указанием номера темы, вопрос из которой вызвал затруднения при ответе.

Заключение.

Разработана система компьютерного тестирования, которая позволяет оценивать

знания тестируемых и вероятность использования внешних источников информации при ответах на вопросы теста. При этом вероятность использования сторонних источников информации определялась по времени бездействия мыши. Предложенная система будет совершенствоваться в дальнейшем, так как для объективной оценки достоверности результатов тестирования и оценки вероятности использования сторонних источников необходимо учитывать больше факторов.

Список использованных источников

[1] Methods of using information and communication technologies in the educational process: a study guide. Part 1: Conceptual foundations of computer didactics / Ural. state ped. un-t, Institute of Informatics and Inform. Technologies, Dept. new inform. technologies in education. - Yekaterinburg: [b. i.], 2013.

[2] Mayorov, A. N. Theory and practice of creating tests for the education system / A. N. Mayorov. - М. : Intellect-center, 2001. - 296 p.

[3] Kim, V. S. Testing educational achievements. Monograph / V. S. Kim. - Ussuriysk: UGPI Publishing House, 2007. - 214 p.

[4] Бараз, В.Р. Использование MS Excel для анализа статистических данных : учеб. пособие / В. Р. Бараз, В. Ф. Пегашкин; М-во образования и науки РФ; ФГАОУ ВПО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н.Ельцина», Нижнетагил. техн. ин-т (филиал). - 2-е изд., перераб. и доп. - Нижний Тагил : НТИ (филиал) УрФУ, 2014. – 181 с.

[5] Аванесов, В. С. Основы научной организации педагогического контроля в высшей школе / В. С. Аванесов. – М. : НИТУ «МИСиС», 1989. – 167 с.

APPLICATION OF BIGDATA TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF COMPUTER TESTING SYSTEMS

E.I. LESHCHEVICH
*Master student of
BSUIR, engineer of the
Department of Electronic
Engineering and
Technology of BSUIR*

P.V. KAMLACH
*PhD, Deputy Dean of the
Faculty of Computer
Design*

I.I. REVINSKAYA
*Postgraduate student of
the BSUIR, assistant of
the Department of
Electronic Engineering
and Technology of
BSUIR*

V. M. BANDARIK
*Dean of the faculty of
pre-University training
and vocational
guidance, candidate of
technical Sciences*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus
Email: e.leshchevich@bsuir.by, kamlachpv@bsuir.by*

Abstract. The paper considers methods of computer testing, methods for assessing the reliability of test results. A system of computer testing and a method for assessing the knowledge of the tested are proposed, which allow assessing the likelihood of using external sources of information when answering test questions.

Keywords: reliability, testing, application.

УДК [304.2]

БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ В ПСИХОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ: КАК НЕ ПОТЕРЯТЬ ЛИЧНОСТЬ В ЦИФРОВОМ ПРОСТРАНСТВЕ



В.В. Шаталова
директор БГУИР филиал МРК,
канд. техн. наук, доцент



Т.В. Казак
заведующий кафедрой инженерной
психологии и эргономики, член-
корреспондент Международной
академии психологических наук,
доктор психологических наук,
профессор

Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь
E-mail: shatalova@bsuir.by, kazak@bsuir.by

В.В. Шаталова

Окончила Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, факультет компьютерного проектирования. Работает в должности директора БГУИР филиал «Минский радиотехнический колледж»

Т.В. Казак

Заведующий кафедрой инженерной психологии и эргономики Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доктор психологических наук, профессор, член-корреспондент Международной академии психологических наук

Аннотация. В статье представлен теоретический анализ возможности использования источников Big Data в психологии управления человеческими и интеллектуальными ресурсами, в том числе и в вычислительной психологии.

Ключевые слова: Big Data, большие данные, личные данные, открытые данные, информация, вычислительная психология.

Количество информации растет в геометрической прогрессии ежегодно. Этому способствует виртуализация и автоматизация многих бизнес-процессов, оцифровка данных и многие другие реалии современного общества. Необходимость их обработки повлекла за собой взрывной рост вычислительных мощностей и скоростей.

Big Data (большие данные) это большие массивы разнообразных данных. Большие, потому что их объемы такие, что простой компьютер не справится с их обработкой, (в среде профессиональных аналитиков есть мнение, что большими данным, следует считать потоки информации объемом в 100 Гб в сутки), а разнообразные - это данные разного формата, неструктурированные и содержат ошибки. Большие данные быстро накапливаются и используются для разных целей. Сейчас полученные данные дают возможность не просто анализировать образ личности, объем плановых затрат или спрос на те или иные потребности, но и помогают моделировать будущее. Именно поэтому идея BigData активно развивается в последнее время во

многих областях человеческой деятельности. [1]. Хотя термин Big Data больше ассоциируется с IT, бизнесом, банковской сферой, статистикой и многими другими, психология управления не остается в стороне. BigData в Human resource management применяется в двух направлениях – это подбор персонала и управление интеллектуальными ресурсами, а также ряд психологических проблем, над которыми ведется работа:

- выявление депрессивных состояний;
- злоупотребление психотропными веществами и зависимость;
- поведенческие изменения и их закономерности;
- социальная созависимость;
- влияние СМИ и социальных сетей на психологическое состояние человека.

Источники получения больших данных делятся на три типа:

1. *Социальные данные* – все то, что человек делает в сети (ежесекундный личный вклад каждого человека в среднем 1,7 мегабайта), а также статистические данные стран и городов, данные о перемещениях людей, регистрации смертей и рождений, медицинские записи и много другое.

2. *Машинные данные* – большие данные также генерируются машинами, датчиками и «интернетом вещей». Информацию получают от смартфонов, умных колонок, лампочек и систем умного дома, видеокамер на улицах, метеоспутников.

3. *Транзакционные данные* возникают при покупках, переводах денег, поставках товаров и операциях с банкоматами [2].

В психологию управления в качестве источников больших данных выступают совершенно разнообразные вещи: хештеги, статусы, комментарии, любые следы, которые оставляет человек в открытом доступе. Самыми основными площадками на данный момент являются Facebook, Amazon, Twitter, Reddit и другие. Эти источники данных дают множества возможностей для научных исследований, и создают их несколько факторов:

1. Цифровые технологии становятся повседневными, происходит миграция людей в цифровую среду, а любое взаимодействие в интернет-пространстве несет за собой множество следов, или отпечатков (самый простой эксперимент - попробуйте просмотреть свои собственные комментарии и сообщения в социальных сетях, и виртуальный след вашей личности покажет психологическую прогрессию).

2. Увеличивается время, которое затрачивается на «нахождение» в социальных сетях, что делает данные реалистичными, без поправок на внешнее воздействие, как в очном исследовании, т.е. данные формируются в контексте реальной жизни и взаимодействия людей, что является плюсом для исследований.

3. Упрощается сама процедура тестирования: отсутствие бланков, никаких тестов, нет страшных вопросов, и само взаимодействие с психологом сводится к разрешению обработки данных.

При этом актуальным остается вопрос получения объективных данных, но получить их можно не всегда. Прямые опросы, анкетирование, опросники, тесты, наблюдение и эксперименты дают по большей части субъективные данные: люди знают, что их изучают, исследователь тоже субъективен - и получаются искаженные ответы. С помощью анализа больших, динамических, объективных данных о поведении человека можно получить более точную информацию. Эти данные хранятся как записи его действий в цифровой среде и того контента, который он создает. В этом случае мы можем проанализировать не 100–200 человек на протяжении года, а сотни тысяч и миллионы людей, информация о которых собирается за несколько лет. Всё это есть новое направление психологии в IT-обществе - вычислительная психология [3].

Вычислительная психология изучает, в том числе digital mental health. Эти исследования стали возможны благодаря объективным данным. Человек может думать, что за день провел полчаса в смартфоне, а на самом деле больше, и это происходит не только потому, что люди любят приукрашивать свои ответы, но и из-за того, что он сам может чего-то не замечать или не помнить. При этом в вычислительной психологии очень важно знать заранее, что хотим найти или узнать. Если мы не знаем, что искать, то это будет то, что дата-саентисты называют «кладбищем данных». Например, депрессивное состояние можно выявить с помощью больших данных. Один из признаков депрессии - моторная заторможенность. Если в нормальном состоянии человек

пользуется тачскрином с одной скоростью, то с наличием признаков депрессии у него будет уже другая моторика. Еще один фактор - то, что человек никуда не ходит, что отслеживается по геолокации. Оба этих случаях будут цифровыми маркерами изменения состояния, а если их будет много, то стоит забить тревогу [4].

Один из результатов исследования в сфере вычислительной психологии - социальный почерк человека. Это паттерн внимания человека к своим друзьям и знакомым. Внимание измеряется в минутах разговора или переданных символах, а человек описывается тем, как много внимания он уделяет близким и едва знакомым людям. Оказывается, что распределение этого внимания устойчиво, даже если меняются контакты человека, уходят старые и приходят новые друзья. В практическом плане знание о социальном почерке дает возможность предсказать, например, время, когда человек уволится - в таком случае возникает резкое уменьшение коммуникаций с людьми внутри компании, потому что появляются новые связи. Это происходит потому, что у каждого человека есть коммуникативное ограничение, а если человек ищет другую работу, другую тусовку или так далее, часть его контактов меняется, что подтверждается данными о переписке внутри компании, публичных комментариях в социальных сетях [4].

С помощью больших данных психологи могут исследовать всё, что угодно. Начиная от того, как люди друг на друга влияют, как коммуницируют, заканчивая тем, что они думают и что чувствуют в определенных ситуациях и много другое. Научное исследование предполагает согласие респондента на участие, хотя есть исследования и на открытых, публичных данных. Однако получив согласие на доступ к социальным сетям, смартфонам и другому цифровому пространству, можно собирать информацию об их действиях, интересах, круге знакомых и многом другом из открытых источников. Можно провести исследование с контролем факторов или дополнить цифровые данные привычными для психологии инструментами, такими как опросники. В настоящее время мало исследователей занимаются вычислительной психологией, так как это достаточно сложно и дорого. Для исследований необходим междисциплинарный коллектив с дата-саентистом, лаборатория и средства, доступ к данным, а этика использования персональных данных, в том числе и цифровых данных, делает эти исследования закрытыми, они все чаще оказываются доступными только компаниям и сервисам [4].

Список использованных источников

[1] Большие данные Big Data для HR. Как увидеть личность за цифрой? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hr-media.ru/bolshie-dannye-bigdata-dlya-hr-kak-uidet-lichnost-za-tsifroj>.

[2] Big Data: что это и где применяется? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://blog.skillfactory.ru/chto-takoe-bolshie-dannye/>.

[3] Большие данные (Big Data) в психологии как явление. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.b17.ru/article/big_data_psychology_1/.

[4] Как психологи изучают поведение людей по соцсетям и смартфонам и что в интернете позволяет предсказать скорое увольнение. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://paperpaper.ru/kak-psihologizuchayut-povedenie-lyude/>.

BIG DATA IN THE PSYCHOLOGY OF HUMAN RESOURCE MANAGEMENT : HOW NOT TO LOSE YOUR IDENTITY IN THE DIGITAL SPACE

V.V. SHATALOVA

*Deputy Dean of the Faculty of
Computer-Aided Design, PhD,
Associate Professor*

T.V. Kazak

*Head of the Department of Engineering Psychology and
Ergonomics, Corresponding Member of the
International Academy of Psychological Sciences,
Doctor of Psychological Sciences, Professor*

*Belarusian State University Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus
E-mail: shatalova@bsuir.by, kazak@bsuir.by*

Abstract. The article presents a theoretical analysis of the possibility of using Big Data sources in the psychology of human and intellectual resource management, including computational psychology.

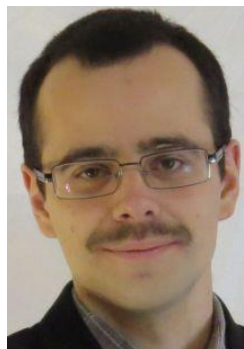
Keywords: Big Data, big data, personal data, open data, information, computational psychology.

УДК 004.032.26

АЛГОРИТМ СЕГМЕНТАЦИИ ОБЪЕКТОВ НА СНИМКАХ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ U-NET



Д.В. Куприянова
аспирант,
кафедра ЭВМ, БГУИР



Д.Ю. Перцев
кандидат технических наук,
кафедра ЭВМ, БГУИР

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

E-mail: diankupriyanova@gmail.com, pertsev@bsuir.by

Д.В. Куприянова

Окончила магистратуру Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники по специальности 1-40 02 81 «Технологии виртуализации и облачных вычислений» (2019). Поступила в аспирантуру Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники (2020). Работает заместителем декана ФКСиС.

Д.Ю. Перцев

Окончил аспирантуру Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники (2016), защитил диссертацию в совете 05.13.01 (2020). Является доцентом кафедры ЭВМ.

Аннотация. Представлены результаты эксперимента с применимостью сверточной нейронной сети U-Net для сегментации множества объектов на снимках земной поверхности.

Ключевые слова: Сегментация объектов, сверточная нейронная сеть, снимки земной поверхности, U-Net.

Введение.

Развитие авиакосмической промышленности привело не просто к активному освоению космического пространства, но и появлению множества потоков информации, получаемых от спутников, находящихся на орбите Земли, и, как результат, постоянно возрастающим требованиям к качеству и скорости их автоматизированной обработки. Получаемые снимки имеют большую ценность во многих отраслях: сельское хозяйство, метеорология, георазведка и т.д. Однако существенной проблемой является качественный анализ снимков земной поверхности, поскольку они содержат большой объем информации при относительно невысокой детализации самих объектов.

В рамках данной статьи представлен алгоритм сегментации и классификации объектов на снимках земной поверхности с применением сверточных нейронных сетей. В качестве поддерживаемых классов объектов определены строения, поле, вода, дорога, зеленые насаждения (например, лес).

Архитектура сети U-Net.

U-Net – это свёрточная нейронная сеть, созданная в 2015 году для сегментации биомедицинских изображений в отделении Computer Science Фрайбургского университета [1]. Архитектура сети представляет собой полносвязную свёрточную сеть, модифицированную так, чтобы она могла работать с меньшим количеством обучающих образов при увеличении точности сегментации.

Архитектура сети показана на рисунке 1, состоит из двух частей (сужающейся и расширяющейся) и соответствует схеме кодер-декодер:

– кодировщик уменьшает пространственное измерение с помощью объединения слоев;

– декодер восстанавливает детали объекта и пространственное измерение.

Также существуют быстрые соединения от кодера к декодеру, чтобы «помочь» декодеру лучше восстановить детали объекта.

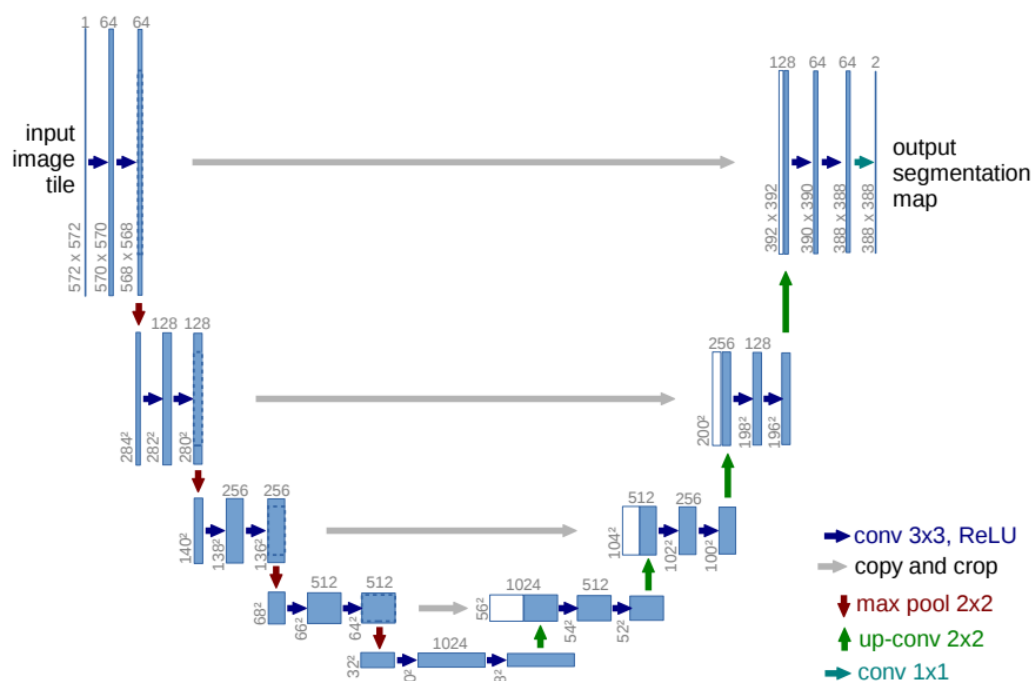


Рисунок 1. Базовая архитектура U-Net

Сужающаяся часть соответствует типичной архитектуре сверточной сети и состоит из следующей последовательности операций:

– многократного применения свертки размером 3x3 без дополнения нулями и с попиксельным применением функции активации ReLU;

– слой субдискретизации с фильтром 2x2 и шагом 2 для уплотнения карты признаков. На каждом шаге понижающей дискретизации количество каналов признаков удваивается.

Расширяющаяся часть состоит из повышающей дискретизации карты объектов, за которой следует:

– свертка, размером 2x2, – повышающая свертка, которая вдвое уменьшает количество каналов признаков;

– объединение с соответствующим образом обрезанной картой признаков из сокращающейся части;

– две свертки размерностью 3x3;

– за каждой сверткой следует функция активации ReLU.

Выходная карта признаков соответствуют одному из классов сегментируемых объектов.

Результаты тестирования нейронной сети.

Тестовый набор включает 25 изображений, заранее размеченных вручную. Обучение для каждого поддерживаемого класса выполнялось отдельно. Для оценки качества распознавания всех поддерживаемых классов объектов использовался коэффициент Жаккара:

$$J = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{A_i \cap B_i}{A_i \cup B_i}, \quad ((1))$$

где n – количество классов, которые поддерживаются разработанным алгоритмом;

A_i и B_i – координаты областей исходной и предсказанной масок соответственно.

Тестирование проводилось с применением центрального процессора Intel Core i7-9700 и видеокарты NVIDIA RTX 2060 RTX с 8 Гб видеопамати.

Примеры исходного снимка земной поверхности и результат распознавания представлены на рисунках 2 и 3 соответственно. Полученный усредненный коэффициент Жаккара для всех поддерживаемых классов объектов составляет 0,64, что является довольно низким коэффициентом. Однако авторы считают, что данный результат формируется из-за маленького размер обучающей выборки.



Рисунок 2. Снимок земной поверхности

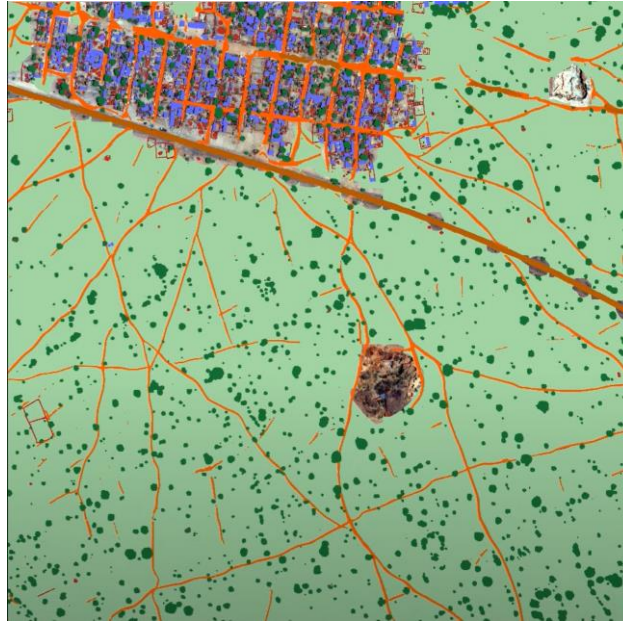


Рисунок 3. Результат распознавания

Заключение

Представлен алгоритм сегментации объектов на снимках земной поверхности с помощью 5 заранее построенных моделей на основе сверточной нейронной сети U-Net (соответственно для строений, полей, воды, дороги, зеленых насаждений).

Полученный усредненный коэффициент Жаккара для всех поддерживаемых классов объектов составляет 0,64, что является довольно низким коэффициентом, что связано с низким качеством обучающей выборки и высокими требованиями к необходимому аппаратному обеспечению, проявляющимися в длительном процессе обучения.

В дальнейшем планируется усовершенствовать тестовый набор данных для обучения, исследовать алгоритмы постобработки для выявления явных ошибок (например, разрывы в близко расположенных отрезках дорожного полотна), а также исследовать альтернативные архитектуры нейронных сетей.

Список использованных источников

[1] U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation [Electronic Resource] / ArXiv. – Mode of access: <https://arxiv.org/abs/1505.04597>.

ALGORITHM FOR OBJECTS SEGMENTATION ON EARTH'S SURFACE IMAGES USING U-NET CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

D. KUPRIYANOVA

PhD Student,

*Electronic Computing Machines
Department, BSUIR*

D. PERTSAU

PhD,

*Electronic Computing Machines
Department, BSUIR*

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus

E-mail: diankupriyanova@gmail.com, pertsev@bsuir.by

Abstract. The results of an experiment with U-Net convolutional neural network applicability for earth's surface segmentation are presented.

Keywords: Image segmantation, Convolutional Neural Network, Earth's surface images, U-Net.

УДК 338.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МЕЖОТРАСЛЕВОГО БАЛАНСА ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ



В.А. Журавлев

к.э.н., доцент кафедры экономики

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
E-mail: vzhur2011@mail.ru,

Аннотация. Рассматривается модель динамического межотраслевого баланса, которая позволяет, задавая разные варианты параметров модели, рассматривать соответствующую им динамику показателей экономического роста и выбрать оптимальный вариант развития экономики.

Ключевые слова: прогнозирование, планирование, экономический рост, модель динамического межотраслевого баланса.

Прогнозирование и планирование являются главными функциями управления в экономике. В экономике прогнозирование и планирование осуществляется на трех уровнях: макроуровень – экономика страны; мезоуровень – отрасли и регионы; микроуровень – предприятия, организации и товарные рынки.

Основным требованием к прогнозам и планам является их обоснованность, которая заключается в том, чтобы руководствоваться теорией изучаемых процессов, использовать достоверную информацию и применять научные методы прогнозирования и планирования [1–2].

Основными **методами и моделями прогнозирования** в экономике являются: 1) статистические (экстраполяция трендов, скользящей средней, экспоненциального сглаживания, регрессионные и эконометрические модели, и др.); 2) экспертные (аналогии, сценарии, Дельфи, и др.); 3) экономико-математические (модели Кобба-Дугласа, межотраслевого баланса, матричные, оптимизационные и динамические модели).

На макроуровне важными моделями прогнозирования и планирования развития экономики являются статический и динамический межотраслевой баланс.

Статическая модель межотраслевого баланса (СМОБ) в матричной форме имеет вид (1):

$$X = A \cdot X + Y, \quad (1)$$

где $X=(X_i)$ – вектор валовой продукции отраслей; $A=(a_{ij})$ – матрица прямых затрат продукции отраслей (i) на производство единицы продукции отраслей (j); $Y=(Y_i)$ – вектор конечной продукции отраслей. Эта модель применяется для анализа и прогнозирования экономики на один год.

Динамическая модель межотраслевого баланса (ДМОБ) описывают развитие экономики страны в средне- и долгосрочном периоде. В этой модели учитываются увеличение выпуска валовой продукции X за счет инвестиций. В модели **ДМОБ** конечная

продукция (Y) делится на продукцию, направляемую в качестве производственных инвестиций (I) и продукцию непроемственного потребления (C), $Y=I+C$, Рост валовой продукции (X^t) обеспечивается за счет инвестиций I^t . Модель динамического межотраслевого баланса имеет вид (2):

$$\begin{aligned} X^t &= A \cdot X^t + Y^t, \\ Y^t &= I^t + C^t, \\ I^t &= Q^t \cdot \Delta X^{t+1}, \\ X^{t+1} &= (1 - \text{diag}(\alpha)) \cdot X^t + \Delta X^{t+1}. \end{aligned} \quad (2)$$

где t – индекс года; I^t – вектор продукции отраслей, направляемая в t -м году в качестве производственных инвестиций для увеличения производства валовой продукции X в отраслях; C^t – вектор непроемственного конечного продукта в году t ; $Q^t=(q_{ij})$ – матрица количества инвестиционной продукции отраслей, необходимых для увеличения на единицу валовой продукции X^t ; ΔX^{t+1} – вектор увеличения валовой продукции отраслей в году $(t+1)$ за счет инвестиций I^t , чем больше I^t , тем меньше непроемственное потребление C^t и наоборот; $\text{diag}(\alpha)$ – диагональная матрица индексов уменьшения валовой продукции X^t из-за физического износа основных фондов в отраслях.

Переменными в модели (2) являются I^t и ΔX^{t+1} , которые выбираются из заданных критериев оптимизации и позволяет построить *разные траектории развития* экономики в зависимости от направляемых инвестиций. Эту модель можно представить в виде *модели оптимизации*, для этого надо определить критерий оптимизации развития экономики в прогнозном периоде, который обычно выражается в росте непроемственного потребления C^t . Критерий оптимизации в этом случае может иметь вид:

$$\max \sum_{t=1}^T b(t) \cdot C(t), \quad (3)$$

где T – период прогнозирования; $b(t)$ – коэффициент важности непроемственного потребления в году t , определяется экспертами.

Рассмотрим *одноотраслевую модель* экономики, в которой определены следующие параметры, табл.1.

Таблица 1. Параметры модели

X^0	A	β	Q	α
-------	---	---------	---	----------

В модели инвестиции равны $I=\beta \cdot Y$ ($0<\beta<1$), где β доля конечной продукции Y , направляемая на инвестиции. В результате расчетов по одноотраслевой модели при разных значениях параметрах табл. 1 получены значения показателей экономического роста, табл.2. Из таблицы 2 видно, что при увеличении доли инвестиций β в конечном продукте темп экономического роста увеличивается, а при увеличении параметра износа основного капитала α . темп роста снижается, а при $\beta =0,3$ и $\alpha=0,1$ наступает спад экономики.

Таблица 2. Варианты динамики показателей экономического роста

№	A	β	Q	α	Прирост X(t), %	Прирост C(t), %
1	0,7	0,3	1,5	0,05	10,5	2,2%
2	0,7	0,5	1,5	0,05	62,9	24,4
3	0,7	0,3	1,5	0,06	0,0	0,0
4	0,7	0,3	1,5	0,1	-33,5	-7,0
5	0,7	0,5	1,5	0,1	100,0	0,0
6	0,7	0,6	1,5	0,1	21,9	2,6

Рассмотренная модель является имитационной, она реализована в EXCEL и позволяет, задавая разные значения параметров табл. 1, получать разную динамику экономического роста и выбрать лучший вариант параметров. Модель показывает, что, если темп износа основного капитала равен $\alpha=10\%$, то при доле инвестиций в конечной продукции $\beta=30\%$, будет спад валовой продукции на 33,5%, а непроизводственного потребления на 7%. Чтобы при темпе износа основного капитала $\alpha=10\%$ не допустить экономического спада доля инвестиций в конечном продукте должна быть больше 50%, тогда рост будет нулевым, а при доле инвестиций $\beta=60\%$ прирост валовой продукции X(t) составит 21,9%, а непроизводственного потребления C(t) 2,6%.

Также можно реализовать многоотраслевую имитационную модель ДМОБ (2) и рассматривать разные варианты экономического роста при разных значениях параметров модели (2) используя критерий оптимизации (3).

Список использованных источников

[1]. Журавлев В.А. Прогнозирование и планирование в экономике. Учеб. метод. пособие. БГУИР, Минск. – 2022 г.

[2]. Эконометрика и экономико-математические методы и модели : учеб. пособие / Г. О. Читая [и др.] ; под ред. Г. О. Читая, С. Ф. Миксюк. – Минск : БГЭУ, 2018.

USING THE DYNAMIC MODEL OF THE INTERSECTORAL BALANCE FOR FORECASTING THE DEVELOPMENT OF THE ECONOMY

V. ZHURAVLEV

Ph.d., Associate Professor, Department of Economics

Abstract. The single-sectoral model of the dynamic intersectoral balance is analyzed, which allows, choosing different variants of the model parameters and considering the corresponding dynamics of economic growth indicators and choosing the best option for the development of the economy.

Keywords: forecasting, planning, economic growth, model of dynamic intersectoral balance.

УДК 004.418

РОЛЬ BIG DATA В ПРЕДОТВРАЩЕНИИ ЗАБОЛЕВАНИЙ



В.В. Венгеренко
студент кафедры
ЭВМ БГУИР



А.Н. Марков
старший преподаватель, магистр
технических наук, заместитель
начальника Центра информатизации
и инновационных разработок БГУИР



С.Н. Нестеренков
кандидат технических наук,
доцент, декан факультета
компьютерных систем и
сетей

Центр информатизации и инновационных разработок Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь
E-mail: vengerenkovadim1@gmail.com, a.n.markov@bsuir.by, s.nesterenkov@bsuir.by

В.В. Венгеренко

Студент 4 курса специальности «Вычислительные машины, системы и сети» кафедры электронных вычислительных машин факультета компьютерных систем и сетей Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

А.Н. Марков

Магистр технических наук, старший преподаватель кафедры ПИКС, заместитель начальника Центра информатизации и инновационных разработок Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

С.Н. Нестеренков

Кандидат технических наук, декан факультета компьютерных систем и сетей Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доцент кафедры Программного обеспечения информационных технологий. Автор публикаций на тему машинного обучения, алгоритмов принятия решений, искусственных нейронных сетей и автоматизации

Аннотация. 80% руководителей финансовых служб сообщают об успехе своих инвестиций в BIG DATA, но ценность больших данных в различных отраслях выходит за рамки финансов. Например, в здравоохранении большие данные могут сыграть немаловажную роль в спасении жизней за счет профилактики заболеваний. BIG DATA – данные, собранные в массовом порядке путем оцифровки записей и информации с устройств, подключенных к Интернету вещей. Большие данные меняют каждую отрасль, в которой им находится применение. В здравоохранении используются электронные медицинские карты и огромные базы данных о симптомах заболеваний и информации о лечении, которые никогда раньше не могли накапливаться в таких масштабах.

Ключевые слова: генетическое картирование, электронные медицинские карты, Интернет вещей, искусственный интеллект, машинное обучение.

Введение.

Данные – это все в созданном высокотехнологичном электронном мире. В медицинской отрасли ресурсы BIG DATA быстро меняют обработку каждой функции, от хранения медицинских карт до наблюдения за пациентами и назначения лечения [1]. Без больших данных и цифровых инструментов для управления ими прогресс 21 века

замедлится или даже застопорится. Исходя из сведений в таблице 1 можно судить о важности BIG DATA в отрасли здравоохранения.

Таблица 1. Ключевые технологии, оказывавшие влияние на отрасль здравоохранения в 2019г.

Технология	Доля в отрасли, %
Аналитика больших данных	30,1
Искусственный интеллект	24,5
Мобильное здравоохранение	14,8
Носимые устройства	10,2
Облачные технологии	6,1
Робототехника	5,1
3D-печать	3,1
Блокчейн	1,5
Дополненная реальность	1,5
Другие	3,1

Медицинские работники и специалисты по данным используют невероятную мощь BIG DATA для предотвращения заболеваний с помощью двух основных и изменяющих отрасль инструментов: генетического картирования и возможностей больших данных [1].

Вот некоторые из новых средств и политик, которые большие данные дали медицине и ее способности предотвращать болезни.

Генетическое картирование.

Сбор и использование огромного количества данных в области генетики принесет пользу всему человечеству. Наряду с бумом популярности продуктов для генетического тестирования и картирования, предназначенных непосредственно для потребителей, наличие и доступность этих данных для медицинских работников может иметь огромное значение в профилактике заболеваний [2].

В генетическом тестировании есть несколько различных и очень полезных методов скрининга, каждый из которых способствует полезным решениям для здравоохранения:

– Скрининг на носительство – скрининг, используемый для определения наличия генной мутации, вызывающей заболевание.

– Диагностический скрининг – скрининг, используемый для определения конкретного генетического заболевания на основании наличия симптомов.

– Предиктивный скрининг – скрининг, используемый для определения наличия мутаций, соответствующих генетическим нарушениям, которые могут появиться позже.

С помощью этих методов скрининга геном человека может анализироваться на наличие расстройств или мутаций. Ранее существовавшие факторы риска в подавляющем большинстве встречаются наряду с определенными расстройствами и мутациями. Медицинские работники могут выявить эти факторы раньше, предоставляя улучшенные средства для борьбы с болезнью еще до того, как она станет проблемой.

Например, мутация в гене, называемом LRRK2, связана с развитием болезни Паркинсона. Тот, кто унаследует мутацию в этом гене, статистически имеет 28-процентный шанс заболеть болезнью Паркинсона к 54 годам. Но с помощью тщательного генетического тестирования и потенциальных методов лечения этот риск можно снизить.

О многих других заболеваниях и расстройствах, связанных с генами и мутациями клеток, можно узнать с помощью генетического картирования. Рак молочной железы, глютеновая болезнь, псориаз и даже биполярное расстройство могут быть обнаружены и картированы с использованием генетической предрасположенности. Если знать о риске, то будет гораздо больше шансов предотвратить болезнь или подготовиться к ней [3].

Кроме того, возможности, созданные прогностическими моделями расширенного картирования генома, позволяют в некоторых обстоятельствах корректировать и лечить генетические проблемы. Методы редактирования генов, такие как короткие палиндромные повторы с регулярными интервалами (Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats), возникли благодаря анализу BIG DATA, чтобы дать медицинским работникам знания и понимание генома и того, как болезни взаимодействуют с ним, чтобы редактировать геномы для защиты от болезней.

Это работает следующим образом: проводник рибонуклеиновой кислоты (РНК) связывается с последовательностью-мишенью, где фермент CRISPR затем служит отправной точкой для ученых, чтобы перенастроить генетический материал для профилактики заболеваний, закодированный в самой ДНК человека.

Без широкого понимания генетического материала этот метод помощи людям был бы невозможен. Ученым требуются решения для работы с BIG DATA, чтобы создавать средства индивидуального лечения и применения медицинских разработок, таких как CRISPR, которые подталкивают медицину к качеству здравоохранения будущего.

Широкое и доступное использование генетической коррекции для профилактики заболеваний может произойти через десять или более лет. Но, к счастью, генетическое картирование – не единственное, где большие данные помогают в борьбе с болезнями.

Электронные медицинские карты.

Оцифровка электронных медицинских карт (ЭМК) стала одновременно и победой, и сложной задачей.

С одной стороны, хранение этих записей в цифровом виде позволяет проводить широкий анализ и широкомасштабное лечение всех мыслимых болезней. Данные, которые собирают медицинские работники, могут быть деидентифицированы – лишены маркеров, которые связывают их с человеком, таких как номер социального страхования или адрес, – а затем обработаны в огромных количествах, чтобы лучше наблюдать и понимать взаимосвязь симптомов, лечения и демографии [4].

Например, знание того, как человек, место и время взаимодействуют как в возникновении, так и в успешном лечении болезни, полезно медицинским работникам для понимания того, что работает для различных групп населения. При слишком широком анализе данных нюансы географии, момента и населения могут быть потеряны для специалистов по данным. ЭМК позволяют записывать все эти факторы для анализа в соответствии с требованиями конфиденциальности. Затем на факторы риска и демографические группы риска можно воздействовать с помощью проверенных стратегий лечения, разработанных специально для них, помогая предотвращать и лечить заболевания с помощью точного общественного здравоохранения.

С другой стороны, медицинские записи в цифровом виде подвергаются большему риску, чем когда-либо. Отрасль здравоохранения подвергается кибератакам с помощью программ-вымогателей из-за прибыльного характера медицинских записей. Эти риски, среди других проблем, создаваемых системами ЭМК, делают сложную, хотя и очень полезную интеграцию больших данных.

Однако в отношении профилактики заболеваний способность электронных медицинских карт и BIG DATA улучшать как доступную информацию, так и практику больниц означает жизненно важные и бесценные инновации.

Например, немедленная очная помощь, оказываемая трудолюбивыми медсестрами. Сестринское дело изменилось с большими данными, чтобы улучшить:

- документирование истории болезни пациента и каждого обращения за помощью;
- предвидение потребности в персонале и ресурсах больницы;
- исходы для пациентов и безопасность;
- эффективность рабочего процесса.

В зависимости от сбора и использования данных эти инновации могут буквально привести к спасению жизней.

Интернет вещей.

Интернет вещей – полезный ресурс в управлении жизнью. Эта технология, расширяющая возможности интеллектуальных устройств и записывающая предпочтения, является естественным средством создания BIG DATA и их передачи обратно в облако. Однако в медицинской сфере Интернет медицинских вещей делает гораздо больше, чем просто добавляет удобства.

В прогнозировании и профилактике заболеваний Интернет вещей использует большие данные для разработки комплексных мер реагирования и точного лечения, которые уже помогают людям [5].

Например, интеллектуальные термометры могут отслеживать симптомы гриппа и сообщать данные через приложение для отслеживания лечащему врачу. Затем врач может использовать эти симптомы, чтобы определить, требуется ли дополнительное лечение, в то время как накопленные данные рисуют общую картину регионов, где могут происходить вспышки гриппа. Эта информация помогает специалистам в области здравоохранения и контроля заболеваний понимать, лечить и предотвращать вспышки.

Однако без больших данных, дающих искусственному интеллекту (ИИ) возможности для понимания опасностей и симптомов, Интернет вещей не был бы столь полезным.

Аналитика при помощи искусственного интеллекта.

Искусственный интеллект (ИИ) присутствует почти во всех разработках, которые делают возможным применение BIG DATA и профилактику заболеваний. Без использования ИИ для определения тенденций и установления связей между тысячами, если не миллионами точек данных, медицинские работники были бы гораздо менее способны проводить такие связи и прогнозы, которые позволяют им диагностировать и предотвращать заболевания.

Одним из наиболее полезных подходов ИИ в технологии профилактики медицинских заболеваний является машинное обучение. Это способность ИИ выполнять функцию без явного программирования, извлекая уроки из своей среды и накопленных наборов данных, чтобы делать обоснованные выводы и действовать в соответствии с ними [6, 7]. Машинное (или глубокое) обучение в медицинской диагностике использовалось для спасения жизней и сокращения затрат на лечение, и это основная функция будущей профилактики заболеваний.

Алгоритмы машинного обучения применяются для более эффективного выявления пациентов с риском сердечно-сосудистых заболеваний и диабета. Вместе с ЭМК данные алгоритмы позволяют прогнозировать госпитализации на год вперед с точностью 82%.

Эти алгоритмы машинного обучения сканируют факторы риска в медицинских данных пациентов, чтобы определить, когда необходимо вмешательство, помогая предупреждать врачей, назначать планы лечения и, когда это возможно, предотвращать появление болезней.

Этот союз искусственного интеллекта и BIG DATA для улучшения результатов здравоохранения представляет собой будущее профилактики и лечения заболеваний, в котором технологии помогают спасать жизни и жить лучше.

Заключение.

Большие данные распространяются по отраслям, но нигде важность обширных коллекций информации не является более важной, чем в здравоохранении. Благодаря генетическому картированию и широкому спектру инструментов, используемых в сочетании с BIG DATA, медицинские работники находятся в лучшем положении, чем когда-либо прежде, для полного понимания работы симптомов и болезней, факторов риска и диагнозов, методов лечения и пациентов. С этим пониманием приходят возможности для

предотвращения болезней еще до их появления. Будь то развивающаяся пандемия или тенденции диабета, большие данные позволяют осознавать и выявлять риски, позволяя бороться с ними с лучшей подготовкой.

Список использованных источников

- [1] Artificial Intelligence and Big Data Analytics for Smart Healthcare / M. Lytras [et al.]. – Cambridge : Academic Press, 2021. – 290 p.
- [2] Khanna, A. Applications of Big Data in Healthcare: Theory and Practice / A. Khanna, D. Gupta, N. Dey. – Cambridge : Academic Press, 2021. – 310 p.
- [3] Lytras, M. D. Applying Big Data Analytics in Bioinformatics and Medicine / M. D. Lytras, P. Papadopoulou. – Hershey : Medical Information Science Reference, 2017. – 465 p.
- [4] Natarajan, P. Demystifying Big Data and Machine Learning for Healthcare / P. Natarajan, J. C. Frenzel, D. H. Smaltz. – Boca Raton : CRC Press, 2017. – 210 p.
- [5] Hassanien, A. E. Medical Big Data and Internet of Medical Things: Advances, Challenges and Applications / A. E. Hassanien, N. Dey, S. Borra. – Abingdon : Taylor & Francis, 2018. – 340 p.
- [6] Нестеренков, С.Н. Применение больших данных в электронном образовании / С.Н. Нестеренков, М.И. Макаров, Н.В. Ющенко, А.Д. Радкевич // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня : сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф. (Республика Беларусь, Минск, 13-14 марта 2019 года). В 2 ч. Ч. 2 / редкол. : В. А. Богуш [и др.]. - Минск : БГУИР, 2019. - С. 242-245.
- [7] Нестеренков, С.Н. Применение искусственных нейронных сетей в информационной системе учреждения высшего образования / С.Н. Нестеренков, Н.В. Ющенко, А.Д. Радкевич // Актуальные вопросы профессионального образования = Actual issues of professional education : тезисы докладов II Междунар. науч.-практ. конф. (Республика Беларусь, Минск, 11 апреля 2019 г.) / редкол. : С. Н. Анкуда [и др.]. - Минск : БГУИР, 2019. - С. 197-198.

THE ROLE OF BIG DATA IN DISEASE PREVENTION

V. VENGERENKO

*Student of the Department
of Electronic Computing
Machines of the Belarusian
State University of
Informatics and
Radioelectronics*

A. MARKOV

*Senior Lecturer of the Department of
Informational Computer Systems
Design of the Belarusian State
University of Informatics and
Radioelectronics, Master of Technical
Sciences*

S. NESTERENKOV

*PhD, Associate Professor,
Dean of the Faculty of
Computer Systems and
Networks*

*Center for Informatization and Development of the Belarusian University of State Informatics and Radioelectronics,
Republic of Belarus*

E-mail: vengerenkovadim1@gmail.com, a.n.markov@bsuir.by, s.nesterenkov@bsuir.by

Abstract. Eighty percent of financial services executives report the success of their investments in BIG DATA, but the value of BIG DATA goes beyond finance across industries. For example, in healthcare BIG DATA can play an important role in saving lives through disease prevention.

BIG DATA is the data gathered en masse by digitizing records and information from devices connected to the Internet of Things. BIG DATA is changing every industry in which it is used. Healthcare uses electronic health records and huge databases of disease symptoms and treatment information that have never been able to accumulate on such a scale before.

Keywords: genetic mapping, electronic health records, Internet of Things, artificial intelligence, machine learning.

УДК 159.93

ВЕКТОРНОЕ КОДИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ У ЧЕЛОВЕКА О СХОДСТВЕ ЯВЛЕНИЙ



Г.В. Лосик
главный научный сотрудник
лаборатории № 214
Государственного научного
учреждения ОИПИ НАН
Беларуси, доктор
психологических наук, доцент



А.М. Черноризов
заведующий кафедрой МГУ
им. М.В. Ломоносова, доктор
психологических наук, профессор



А.В. Бозурина
магистр психологических
наук, исследователь

E-mail: georgelosik@yahoo.com, kpf@psy.msu.ru, vados2489@mail.ru

Г.В. Лосик
Главный научный сотрудник лаборатории № 214 Государственного научного учреждения ОИПИ НАН Беларуси, доктор психологических наук, доцент. Республика Беларусь.

А.М. Черноризов
Заведующий кафедрой МГУ им. М.В. Ломоносова с 1999 года и по настоящее время, доктор психологических наук, профессор. Российская федерация.

А.В. Бозурина
Магистр психологических наук, исследователь. Окончила аспирантуру УО Брестский государственный университет имени А.С. Пушкина». Работает педагогом-психологом в ГУО «Плешицкая средняя школа» Пинского района. Республика Беларусь.

Аннотация: Рассмотрен уникальный принцип кодирования информации, который позволяет человеку оставлять неизменным психологическую метрику оценки сходства и различия когнитивных сигналов.

Ключевые слова: способ кодирования информации, свойства цифровых технологий, антропологический, цифровой принцип кодирования, оценка сходства сигналов.

Введение.

В теории распознавания образов важно вскрыть психофизиологический механизм сравнения образов, метрику близости разных стимулов [1, 2]. В метрике сходства и различия образов обнажаются как антропологическая, так и социальная цель различать или отождествлять два объективно различающихся стимула [3, 4]. Нами выявлены два, а не один истока информации о мере сходства: врожденный и приобретенный.

Социальные нормы сходства внешних явлений человек усваивает благодаря пластичности межнейронных связей и изменению их проводимости. Однако, удивительными являются меры сходства цветовых оттенков предметов, их формы, вкуса еды, запахов, остаётся загадкой, за счет чего у человека эти меры сходства сохраняются одинаковыми от поколения к поколению [2, 5]. Многие антропологически важные свойства материального мира у человека уже закладываются навсегда на очень ранних стадиях онтогенеза и не меняются.

Дж. Гибсон данную проблему оформил в самостоятельную теорию «дифференциации объектов». Он, противопоставив её классической теории «наращивания образа». В.М. Аллахвердов говорит об этом уникальном свойстве человека так [1]. «Сознание способно отождествлять нетождественное и различать неразличимое». Проблему метрики сходства объектов изучал профессор Стэнфордского университета Карл Прибрам. Подтверждением того, что психика использует хранящуюся в памяти информацию о сходстве образов, является теорией ассоциаций.

Материя-независимость в кодировании.

1. Как известно, у человека в течение жизни в ходе обучения в мозге формируются базы данных. Они, накапливают информацию о поступающих извне сообщениях. Однако, согласно нашей гипотезе, у него имеется еще одна база данных. Она представлена в виде шкал, не подверженных изменению от сигналов извне, Шкалы сгруппированы так, чтобы хранить признаки вида человека. В этой базе данных хранится информация сугубо о познавательной стратегии человека как вида. Она остается неизменной от поколения к поколению.

2. Согласно векторной психофизиологии, упомянутые шкалы сохраняют высокий уровень защищенности от изменения. Потому что они закодированы уникальным “материя-независимым” кодом. Его уникальность основывается на подавлении влияния на код амплитуды внешних сигналов. Это фильтр в сигнале для обработки только “вектора”, отражающего антропологическое качество сигнала.

3. Благодаря такому материя-независимому коду достигается не только защита от изменения кода. Достигается сохранение постоянной от поколения к поколению метрики оценки человеком *меры сходства и различия* разных сигналов. Сохраняется метрика оценки степени новизны поступившего сигнала по отношению к предыдущему. Сохраняется рефлекс на новизну, адаптации к окружающей среде. Оценка человеком цветов, формы объектов, выражений на лице мимикой эмоций, созвучности слогов – остается неизменной от поколения к поколению.

4. Материя-независимость в кодировании достигается за счет, во-первых, группировки ряда однополюсных шкал в сенсорной системе в двухполюсные. Во-вторых, за счет группировки двухполюсных шкал в многомерные локальные анализаторы. В-третьих, за счет нивелировке в таком анализаторе доли вклада каждой шкалы в многомерную оценку человеком степени различия сигналов между собой.

5. Благодаря локальным анализаторам с двухполярными шкалами у человека существует вторая система измерения сигналов внешнего мира – психологическая. Она включается при восприятии до обработки физических характеристик сигнала. Эта психологическая система работает в режиме верификации поступившего сигнала. Верификация совершается на принадлежность человеческой природе. В зависимости от итога верификации в данной базе данных, обработка и распознавание сигнала продолжается по-разному. В одном случае – путем выдвижения встречных гипотез. В другом – распознавание проводится сугубо по физическим свойствам сигнала.

Уникальный механизм временных ворот.

Наряду с уникальным, материя-независимым принципом кодирования у человека в филогенезе сформировался уникальный механизм “временных ворот”. Он служит для закачки в сенсорную систему информации о шкалах. В короткий промежуток раннего онтогенеза у человека реализуется уникальное состояние “запечатления”. В его сенсорную систему открываются ворота для записи из моторной системы в нейронную ткань информации, отражающей шкалы. После записи ворота навсегда закрываются. Благодаря этому в нейронную ткань сенсорной коры в столь ранний период онтогенеза не проникает посторонняя информация об окружающем материальном мире. А “закачивается” информация о сугубо телесной форме и кинематике, двигательной системы человека. В возникающих

шкалах оказывается информация об антропологической природе вида человека. Человека как существа сугубо когнитивного, а не довольствующегося выживанием.

В теории управления известен метод возмущающей δ -функции. Это метод изучения передаточной характеристики объекта управления. На объект наносится однокоординатное быстрое воздействие. И затем измеряется отклик на него, амплитуда и спектр его колебаний. Перцептивное ритмическое воздействие на сустав моторными нейронами сродни δ -функции. Но оно служит для изучения не объекта управления, а объекта распознавания, не амплитуды возможных трансформаций его формы, а направлений. Перцептивные действия в период запечатления являются своеобразным методом δ -функции для изучения степеней свободы объекта распознавания, т. е. сустава.

В период закачки информации через “ворота” применяется этот известный в кибернетике метод. Выявляются колебательные свойства объекта, которым поочередно выступает тот или иной сустав тела человека. В период “ворот” на сустав моторными нейронами наносится цепь ритмических воздействий. Отклик сустава сообщается в сенсорную систему в виде векторной информации о степенях свободы его движения. В итоге происходит отфильтровка в информации о работе сустава энергетической силы его мышц от информации о векторах степеней свободы сустава. Далее выполняется корреляционный анализ сходства векторов разных суставов. И однополюсные шкалы с отрицательной корреляцией в векторном пространстве объединяются, образуя двухплюсные. А двухплюсные шкалы, между которыми обнаруживается в векторном пространстве положительная корреляция – в свою очередь группируются в локальные анализаторы.

Объект управления может иметь многопараметрический вход. И воздействие, возмущающее вход, может быть многопараметрическим. Поэтому может стать неизвестно, который из входных сигналов изменил состояние объекта. Поэтому, в δ -функции принято условие однокоординатности возмущающего воздействия. В этом случае сохраняется однозначность функциональной зависимости состояния выхода системы от входа. Подобно объекту управления, объект распознавания, то есть сустав может иметь многопараметрический вход. Когда он находится в естественных условиях, то не застрахован от многопараметрического воздействия на себя. Поэтому, наблюдение его поведения неинформативно. Чтобы узнать его степени свободы, нужно искусственно на него воздействовать. Это и есть перцептивное воздействие на распознаваемый объект, которое, в отличие от естественных воздействий, совершается однокоординатно, быстро и при отсутствии внешних воздействий. В этом случае нет неопределенности, от какого входного воздействия возникла данная динамика объекта. Таким образом, с помощью перцептивного (искусственного) воздействия распознающая система при изучении объекта может декодировать о нем ту информацию, которую невозможно получить в естественных условиях.

Векторное кодирование двухплюсными шкалами.

Двухплюсные шкалы, которые формируются в период “временных ворот, отвечают за закачку информации о виде человека, отвечают за информацию о познавательной стратегии человека. Это материя-независимые шкалы, изменение которых блокируются после закрытия ворот. Но у человека сохраняется возможность на базе иных нейронных структур в сенсорной системе создавать шкалы для закачки в сенсорную систему информации, поступающей к человеку уже извне. Эти шкалы формируются на протяжении всей жизни. Они также способны хранить постоянной метрику оценки сходства и различия объектов. Тех объектов, восприятием которых овладевает человек в течение жизни. А так же, метрику оценки сходства движений с объектами. Это материя-зависимые шкалы, существующие не для познавательной цели, а для приспособительной. Как и шкалы познавательной стратегии, они формируются по четырем схемам, в режиме нанесения перцептивного воздействия на объект. В режиме соблюдения ранее названных строгих условий выполнения перцептивного

воздействия, с фиксацией вектора в ответной реакции объекта. Наиболее распространена такая категория шкал при овладении человека восприятием формы и динамики движений предметов и живых существ.

Известны доказательства того, что при восприятии у человека функционируют двухполюсные шкалы, что они сгруппированы в локальные анализаторы. Доказательством являются результаты моголетних исследований по векторной психофизиологии. Исследования охватывают работу зрительного анализатора по восприятию цвета, а также мимики лица, угла пересечения линий, зрительной оценке сходства трехмерных фигур, тактильно-зрительной оценке различия предметов по мягкости.

Существуют доказательства того, что в сенсорной системе человека имеется база данных о познавательной стратегии человека. Эта база организует предварительную верификацию увиденного действия. Доказательством является, во-первых, – обнаружения антропологического смысла в увиденном движении.

Отличие компьютерного кода от кодирования у человека.

Схема, аналогичная предлагаемой, можно считать, эмпирически реализована в коде компьютерного слова. В компьютере компьютерное слово имеет 64 двоичных разряда. Это соответствует 64-мерному пространству, образованному двухполюсными шкалами. Код сигнала в компьютере, подобно материя-независимому коду у человека, содержит 64 бинарных разряда как двухполюсные шкалы. Код отличается также независимостью работы шкал, имеет нивелировку длины вектора в 64-мерном пространстве. Поэтому он является также материя-независимым. Это позволяет сравнить материя-независимый код в компьютере с кодом у человека. Можно поэтому найти объяснение потере в коде компьютера информации о сходстве и различии разных сигналов.

В чем кроется различие компьютерного кода, также двухполюсного и уравненного в рангах, от кода антропологического? В компьютерном коде нет материя-зависимого носителя. В нем не может храниться информация о виде того живого существа, которое будет перерабатывать эту информацию. В компьютере внешняя информация оставляет след в виде электромагнитного перемагничивания ферритового вещества с одного электромагнитного состояния в противоположное.

Список использованных источников

- [1] Вартанов А. В. Механизмы семантики: человек – нейрон – модель // *Нейрокомпьютеры: разработка, применение*. 2011, № 12, сс. 54–64.
- [2] Измайлов Ч. А. Сферическая модель цветоразличения. М.: МГУ. 1980, с. 121.
- [3] Лосик Г. В., Бобрик А. П., Волюнец Д. В., Назаров А. С., Егоров В. В. Механизмы кодирования антропологической информации. XIX Международная конференция «РИНТИ-2020». 2020, с. 56.
- [4] Лосик Г.В., Маришук Л. В., Панашик Р. С., Ракевич Д. С. Пользователь интернета как клон социума // *Материалы конференции РИПО*. 2018, с.77-83.
- [5] Соколов Е.Н. Очерки по психофизиологии сознания. М.: Изд-во МГУ. 2010, с. 153.

VECTOR CODING OF INFORMATION IN HUMANS ABOUT THE SIMILARITY OF PHENOMENA

G.V. Losik

*Chief Researcher of
Laboratory No. 214 of the
State Scientific Institution of
the IPI of the National
Academy of Sciences of
Belarus, Doctor of
Psychological Sciences,
Associate Professor*

A.M. Chernorizov

*Head of the Department of
Lomonosov Moscow State
University, Doctor of
Psychological Sciences,
Professor.*

A.V. Bogurina

*Master of Psychological
Sciences, researcher.*

Abstract: A unique method of coding of information has been described. The method allows human to keep psychological metrics of evaluation of cognitive signals similarity and dissimilarity unchangeable.

Keywords: method of information coding, properties of digital technologies, anthropological, digital method of coding, evaluation of similarity of signals.

УДК 004.032.26

ПОДГОТОВКА МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ВИРТУАЛЬНОЙ СТУДИИ



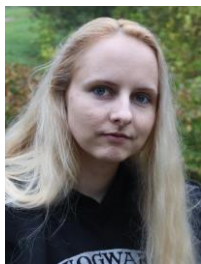
Л.Р. Коркин

ассистент кафедры Инженерной психологии и эргономики БГУИР, магистр техники и технологии, аспирант.



М.В. Коркина

младший научный сотрудник производственно-испытательной лаборатории РУП «Институт мясо-молочной промышленности»



Е.С.Маклак

инженер-микробиолог производственно-испытательной лаборатории РУП «Институт мясо-молочной промышленности»



К.Ф. Саевич.

профессор кафедры физикохимии материалов и производственных технологий БГЭУ, доктор биологических наук, профессор.



О.С.Медведев

магистр техники и технологии, инженер-программист, кафедра инженерной психологии и эргономики БГУИР

Л.Р. Коркин

В 2018 году окончил БГУИР, специальность «Инженерно-психологическое обеспечение информационных технологий». Квалификация «инженер-системотехник». В 2020 году окончил магистратуру по специальности «Управление безопасностью производственных процессов» с присвоением академической степени магистра техники и технологии. Читаемые курсы: безопасность жизнедеятельности человека, интерфейсы информационных систем, схмотехника, активные элементы систем безопасности.

М.В. Коркина

В 2017 году окончила Белорусский государственный университет, специальность «Микробиология». Квалификация «биолог-микробиолог». Младший научный сотрудник производственно-испытательной лаборатории РУП «Институт мясо-молочной промышленности».

Е. С. Маклак

В 2019 году окончила Белорусский государственный университет, специальность «Микробиология». Квалификация «биолог-микробиолог». Инженер-микробиолог производственно-испытательной лаборатории РУП «Институт мясо-молочной промышленности».

О.С. Медведев

В 2013 году окончил БГУИР, специальность «Инженерно-психологическое обеспечение информационных технологий». Квалификация инженер-системотехник. В 2019 году окончил магистратуру по специальности «Управление безопасностью производственных процессов» с присвоением академической степени магистра техники и технологии. Ведет курсы «CISCO».

К.Ф. Саевич

В 1984 защитил диссертацию на соискание учёной степени кандидата сельскохозяйственных наук, в 1992 — доктора биологических наук, с 1998 — профессор. Области научных интересов: экология, рациональное природопользование, безопасность жизнедеятельности человека. Достигнутые научные результаты: изобретений — 3, монографий — 6, брошюр — 20, учебных пособий — 3, учебно-методических работ — более 20, участие в научных семинарах и конференциях: Международных — более 20, Республиканских — более 15. Всего опубликовано более 350 работ.

Аннотация. В настоящее время для идентификации микроорганизмов по морфологическим признакам в учреждениях контроля качества продуктов питания используют определитель бактерий Берджи. Этот метод трудоемкий и требует большого внимания и точности выполнения. Таким образом, разработка автоматизированной системы распознавания колоний микроорганизмов на чашках Петри для последующего подсчета и предварительной идентификации микроорганизмов является актуальной задачей.

Ключевые слова. Машинное обучение, искусственный интеллект, микробиология, колонии микроорганизмов.

Введение.

Чтобы превратить распознавание объектов на изображении из идеи в реальность нам понадобится использовать такой вид машинного обучения как обучение нейронной сети (ее еще называют первыми ступенями развития искусственного интеллекта будущего), которое всегда начинается с подготовки материалов, а в нашем случае это размеченные и подготовленные должным образом изображения колоний (снимки колоний микроорганизмов (СКМ)), которые нужно будет распознавать для последующего подсчета и предварительной идентификации микроорганизмов (определение качественного и количественного состава микробиоты исследуемого продукта питания). Для этого мы создаем систему распознавания СКМ (СРСКМ), которая будет способна выявлять наличие колоний микроорганизмов (КМ) на снимках, а также проводить подсчет и предварительную идентификацию микроорганизмов, выросших на чашке Петри. Это позволит выявлять некачественные продукты питания, а также поможет повысить продовольственную безопасность и качество жизни людей.

Процесс усложняется тем, что в некоторых случаях метод подсчета не дает стопроцентный результат даже при применении счетчика колоний микроорганизмов. Принцип работы этого счетчика заключается в том, что оператор с помощью электропера наносит точки на дно чашки Петри в места нахождения колоний. Прибор регистрирует факт касания, а результат выводится на цифровое табло. Счетчик регистрирует только факт касания электропера, что не может застраховать конечный результат от ошибок оператора. В других случаях подсчет производится математически, т.е. проводится подсчет в определенной области, как правило, в одной четвертой чашки Петри, а после умножается на четыре. Есть и другие методы определения числа колоний микроорганизмов, но какой бы из существующих методов определения мы бы не выбрали, каждый из них имеет свои недостатки.

Проведение качественного анализа вызывает еще больше сложностей, так как у одного и того же вида микроорганизмов в зависимости от условий культивирования (температуры, pH, доступа кислорода, источников углерода и др.) колонии могут вырастать с отличающимися морфологическими признаками. Достаточно часто встречается, что колонии разных видов микроорганизмов имеют схожие морфологические признаки.

В настоящее время идентификацию микроорганизмов по морфологическим признакам проводят в основном с помощью определителя бактерий Берджи (1997 г., в двух

томах). Также выпущено множество специальных каталогов и плакатов, на которых показано, чем отличаются колонии разных видов микроорганизмов. Эти материалы могут быть использованы для обучения системы распознаванию КМ.

Методы и материалы.

В процессе обучения СРСКМ необходимо учитывать большое количество различных факторов, таких как разнообразие исследуемых продуктов питания, качество полученных снимков и многое другое. Следует учитывать, что наряду с качественными изображениями на практике придётся использовать также СКМ более низкого качества. В результате реализации проекта станет возможным идентифицировать микроорганизмы по СКМ, выращенных на чашках Петри (рисунок 1) в разных питательных средах, полученным при различном освещении.



Рисунок 1. Снимок колоний плесневых грибов, выросших на чашке Петри.

Как известно, машинное обучение строится на трех основных принципах: данные, признаки, алгоритмы.

Особенности применения полносвёрточных нейронных сетей.

Полносвёрточные сети — это особый тип искусственных нейронных сетей, результатом работы которых является сегментированное изображение оригинала, где искомые элементы уже выделены требуемым образом.

Полносверточные нейронные сети используются для задач, в которых необходимо, например, определить форму и местоположение искомого объекта или нескольких объектов. Подобные задачи проблематично решать с использованием простых свёрточных нейросетей. Для общего понимания, почему и когда лучше использовать полносвёрточные сети вместо обычных свёрточных, необходимо сравнить указанные типы нейронных сетей.

Сравнение свёрточных и полносвёрточных нейронных сетей.

Самым очевидным отличием полносвёрточных сетей от других нейросетей является конечный результат работы сети. Простые сверточные сети могут использоваться для классификации, определяя к какому классу принадлежит то или иное изображение, и для локализации объекта на изображении (регрессия).

В результате применения любого из этих методов выходными данными являются числа либо массивы чисел. Иначе говоря, мы можем получить информацию о изображении (при этом очень ограниченную), но не можем преобразовать его в необходимый нам вид.

Полносвёрточные нейронные сети на выходе выдают сегментированное изображение, соответствующее по размерности входному. Поэтому их второе название — сегментационные нейронные сети.

Сегментация — это объединение объектов в группы по общим признакам. Таким образом, мы получаем от сети намного больше информации, а достигнутый результат можем обработать простыми эвристическими методами.

Данные (Data) — это базовая информация. Сюда входят необходимые выборки данных, работе с которыми требуется обучить систему. Чем больше данных загружается в СРСКМ, тем точнее и лучше она будет работать. Данные напрямую зависят от задачи, которая стоит перед нейронной сетью.

Выборка данных и ее обработка занимает большой промежуток времени. Это повысит точность оценки и прогнозирования, которую мы получаем в итоге. При этом очень важно предоставлять максимум разнообразной информации, поскольку система может увидеть связь там, где человек ее не заметит.

Изучение признаков (свойства, метрики, фичи, характеристики, features и другие признаки). Для разработки СРСКМ совместно с сотрудниками Института мясо-молочной промышленности будут определены характеристики и свойства, которые система будет отслеживать в ходе обучения.

Поскольку правильность определения свойств напрямую влияет на результат, который необходимо получить, их отбор занимает зачастую больше времени, чем сам процесс обучения. Здесь главное — не торопиться и не ограничивать набор характеристик, так как можно исказить восприятие системы, а вместе с ним и конечный результат.

Исходя из анализа свойств компонентов можно определить признаки и в зависимости от задач установить основные свойства.

Разрабатывается алгоритм, который предоставляет системе набор последовательных операций и методы для решения поставленной задачи. Именно от выбранного метода напрямую зависит скорость и точность результата обработки исходных данных.

Очень важно подготовить множество возможных вариантов изображений колоний определенного вида микроорганизмов, отличающихся по морфологическим признакам, выращенных в различных средах, сфотографированных из разных положений. Каждый СКМ должен быть размечен, а колонии должны быть выделены, чтобы СРСКМ понимала, где на СКМ объекты, которые необходимо научиться распознавать. Если делать это всё вручную, понадобится очень много времени.

В нашей работе было принято решение проводить обучение в двух направлениях: проведение количественного анализа и создание виртуальной студии на основе Blender, с помощью которой можно будет сгенерировать размеченные изображения для обучения системы с использованием данных литературных источников.

Первый этап обучения планируется проводить около 5 месяцев. За это время СРСКМ должна научиться распознавать наличие КМ на чашке Петри, а также подсчитывать количество выросших колоний. Результаты работы могут быть неудовлетворительными, так как система будет распознавать колонии микроорганизмов только со снимков, сделанных в идеальных условиях, а тень, свет, искажение могут привести к критической потере точности определения.

На следующем этапе обучения СРСКМ будут учтены особенности получения снимков. Для этих целей на основе языка программирования python и библиотек машинного зрения таких как Open CV, matplotlib, numpy, imutils и других система будет разбивать свои действия на шаги:

1. распознать чашку Петри;
2. сконвертировать изображение из RGB (на языке python это BGR) в черно-белое (или двухцветное) изображение (рис 2 а, б, в, г.);
3. распознать контуры МО по разности контрастов;
4. подсчитать количество КМ после выделения контуров.

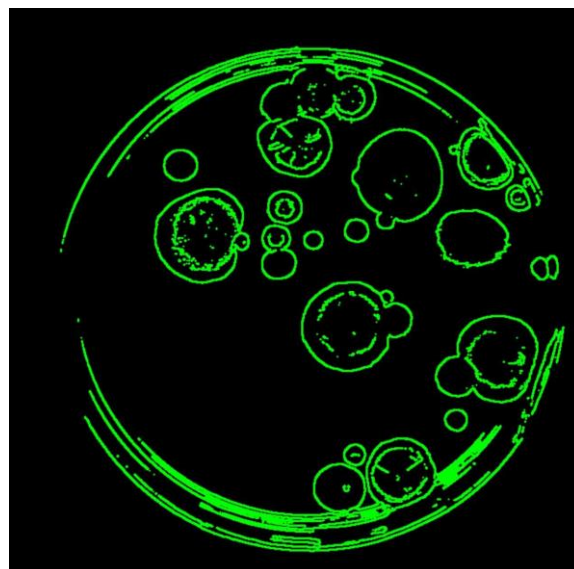
В лаборатории свои особенности помещения, отличные от тех, что в фотостудии, где возможно получение СКМ высокого качества. Также стоит учитывать, что пользователь будет делать снимки в основном при помощи фотокамеры мобильного телефона, что не относится к оборудованию для

профессиональной фотосъемки. Поэтому при подготовке и обучении системы необходимо учесть такие факторы, как:

- неудачный ракурс;
- слишком яркое или тусклое освещение;
- плохой фон;
- фото с перспективой.



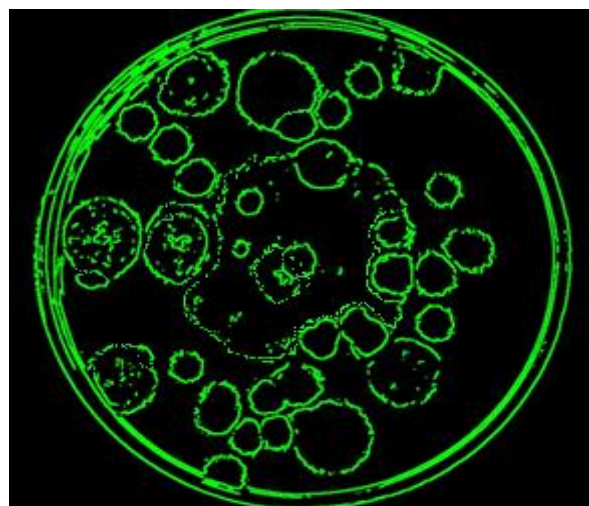
А



Б



В



Г

Рисунок 1. Начальное (а, в) и сконвертированное (б, г) изображения из BGR в двухцветное изображение

Для подготовки высокоэффективной и точной СРСКМ на первом этапе работы было принято решение изготовить (оборудовать) «мобильная мини фотостудию», которая будет состоять из цифрового фотоаппарата большого разрешения (в формате JPEG 1:1 и разрешение не ниже 2656 x 2656 с полноразмерной не менее 24-мегапиксельной матрицей), установленного на штатив, и подставки с внутренней подсветкой, которая будет

подсвечивать чашки Петри. Дополнительно можно установить светорассеивающие экраны, а при необходимости и дополнительное внешнее освещение.

На втором этапе работы после того, как система научится выявлять колонии МО на чашке Петри и подсчитывать их, планируется обучить систему сравнивать полученные СКМ с имеющимися в базе данных изображениями со СКМ. Для этих целей необходимо сделать по одному снимку колоний каждого исследуемого вида микроорганизмов и подобрать некоторое количество разных фонов. Далее с помощью скрипта, подключенного к Blender, изображение колоний микроорганизмов будет подставлено на каждый фон.

В созданной нами мини фотостудии имеется виртуальная камера, которая позволяет создать анимацию при изменении положения. В процессе анимации скрипт делает рендеры каждого кадра, и у нас появляется база изображений (материалов) для дальнейшего обучения. Этот процесс получения изображений с помощью 3D-программы называется рендерингом. В процессе рендеринга скрипт делает автоматическую разметку материалов (боксинг). В результате получается база рендеров и соответствующие каждому рендеру xml файлы с указанием точных координат объекта на изображении, а в нашем случае КМ (рис 3). Использование рендеров автоматизирует и существенно ускоряет процесс подготовки необходимых данных для обучения СРСКМ.



Рисунок 3. Подготовленные и размеченные СКМ

Все полученные материалы виртуальная студия сразу распределяет в две папки: test и train. Папка train будет использоваться для обучения СРСКМ, а в папку test будет попадать каждый пятый рендер, что будет использоваться для самотестирования системы.

Во время обучения система делает так называемые чекпоинты — проверяет насколько правильно идет процесс. Для этого нужен материал, похожий на изучаемый. Такой метод обучения универсален для любых объектов, которые должна будет научиться распознавать система. Этот метод называется обучением СРСКМ на основе синтетических материалов.

Для выполнения работы нами планируется подготовить более сорока тысяч изображений колоний различных видов микроорганизмов, выросших на чашках Петри. Часть СКМ будет выполнена вручную, но большинство — сгенерировано в виртуальной студии в полуавтоматическом режиме.

Если на снимке изображено несколько колоний, то система будет распознавать каждую колонию по отдельности. По завершении работы система будет выдавать информацию о проведенном анализе в виде итоговой таблицы.

На заключительном этапе исследований нами будет подготовлен ряд материалов более низкого качества для обучения. В результате система должна будет пройти ещё 3000000 шагов и в итоге выдать результат, который должен оказаться гораздо менее чувствительным к качеству входящего изображения, а значит и к качеству СКМ.

С помощью СРСКМ станет возможным проводить качественный и количественный анализ микробиоты исследуемого продукта питания. Система будет подсчитывать количество КМ, выросших на чашке Петри, а также сортировать и классифицировать КМ по тем или иным признакам. Полученные результаты будут представлены в виде таблицы.

Заключение.

В результате выполнения данной работы станет возможным использование современных методов интерпретации полученных СКМ в виде таблицы, в которой будут содержаться данные о качественном и количественном составе микробиоты исследуемого продукта питания. Это позволит повысить качество оценки безопасности продуктов питания, устранив влияние человеческого фактора.

Список использованных источников

- [1] Коркин Л.Р., Коркина М.В., Саевич К.Ф., Ящин К.Д., Подготовка материалов для машинного обучения с помощью виртуальной студии. Седьмая Международная научно-практическая конференция «BIG DATA and Advanced Analytics. BIG DATA и анализ высокого уровня», Минск. – 2021 год.
- [2] Коркин Л.Р. Использование системы распознавания снимков колоний микроорганизмов на чашках Петри для оценки качества продуктов питания. 57-я Научная Конференция Аспирантов, Магистрантов и Студентов БГУИР; Минск. – 2021.
- [3] Хоулт Дж., Криг Н. Определитель бактерий Берджи. В 2-х т, 1997 год
- [4] Тимур Казанцев. Искусственный интеллект и Машинное обучение. Основы программирования на Python. 2020.
- [5] Тонни Гэддис. Начинаем программировать на Python, 4-е издание, 2019.
- [6] Глубокое обучение на Python Автор: Шолле Франсуа Год: 2018 Издательство: Питер ISBN 978-5-4461-0770-4 Страниц: 400.
- [7] Применение нейронных сетей для задач классификации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://basegroup.ru/community/articles/classification>(дата обращения 08.05.2018).

PREPARATION OF MATERIALS FOR MACHINE LEARNING USING THE VIRTUAL STUDIO

L. KORKIN

Assistant of the Department of Engineering Psychology and Ergonomics of BSUIR, Master of Engineering and Technology

M. KORKINA

Researcher of The Production and Testing Laboratory, Institute for the Meat and Dairy Industry

K. MAKLAK

An engineer microbiologist of The Production and Testing Laboratory, Institute for the Meat and Dairy Industry

O. MEDVEDEV

Assistant of the Department of Engineering Psychology and Ergonomics of BSUIR, Master of Engineering and Technology

K. SAEVICH

Doctor of Biological Sciences, Professor

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus, Minsk
Institute for the Meat and Dairy Industry, Republic of Belarus, Minsk
E-mail: meat-dairy@tut.by*

Abstract. At present, in food quality control institutions the identification of microorganisms by morphological features is done by The Bergi bacteria determinant. This method is time-consuming and requires a lot of attention and precision of execution. Thus, the development of an automated system for recognizing colonies of microorganisms on Petri dishes for subsequent counting and preliminary identification of microorganisms is an urgent task.

Keywords. Machine learning, artificial intelligence, microbiology, colonies of microorganisms.

УДК [004.8]

РОЛЬ БАЙЕСОВСКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ДИАГНОЗА БОЛЕЗНЕЙ



М.А. Нугманова
*стажер-исследователь
в институте цифровых
технологий и искусственного
интеллекта.*

E-mail: miss.abduazimova@gmail.com

М.А. Нугманова

Окончила бакалавриат и магистратуру Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал Хорезми. Работала в совместном факультете БГУИР-ГУИТ имени Мухаммада ал Хорезми. В данное время Стажер-исследователь в институте цифровых технологий и искусственного интеллекта

Аннотация: На сегодняшний день все больше исследуется область машинного обучения и нейронных сетей, во всех сферах. В данной статье рассматривается роль и важность байесовской нейронной сети в медицине, а так же сравнительный анализ стандартной нейронной сети байесовской нейронной сети.

Ключевые слова: нейронная сеть, диагноз, медицина, Байес, болезни, причины.

Введение

Методы нейронных сетей в здравоохранении используются для классификации типа или категории заболевания, поражающего пациента. Еще одним аспектом здравоохранения является прогнозирование заболевания, когда пациента можно лечить раньше, до того, как болезнь будет прогрессировать и станет более тяжелой формы. Прогнозирование играет важную роль, поскольку оно напрямую связано с успехом лечения. Точные прогностические модели могут информировать пациентов и врачей о будущем риске заболевания, тем самым помогая медицинским экспертам определить правильное лечение.

Целью данной работы является анализ применения байесовской нейронной сети при прогнозировании того или иного заболевания у пациентов.

В настоящее время у многих можно встретить онкологию или другие серьезные заболевания. Но пациенты узнают о своих серьезных заболеваниях совсем поздно или в последних стадиях. Например, простая гипертония может привести к онкологии почек или например, лишний вес может привести к увеличению количества сахара в крови. Но почему многие узнают о своих серьезных болезнях совсем поздно и как же это можно устранить? Все серьезные болезни берут своё начало или фундамент от очень простых хронических заболеваний, а эти хронические заболевания берут своё начало от каких-либо психоэмоциональных факторов или каких либо детских убеждений и установок людей. Если сделать эксперимент, а их уже сделано до этого момента очень много, то можно заметить что под самыми серьезными заболеваниями лежат самые безобидные привычки нашего ума. Например, если у пациента постоянные боли в желудке, то он ни как не может

переваривать отношение своего окружения или какие-нибудь ситуации. Из-за не переваривания ситуации пациентом, желудок начнет не переваривать пищу. Это самый простой способ. Если пациент поменяет свою точку зрения на окружение, то боль в желудке постепенно уйдет в первой же стадии заболевания. Если все такие безобидные болячки вовремя устранить и лечить, то можно избежать многих серьезных патологий. А для этого исследования и анализа можно применять метод Байеса нейронных сетей.

Байесовские нейронные сети полезны для решения проблем в областях, где мало информации и данных, как способ предотвращения переобучения. Примерами проектов являются молекулярная биология и медицинская диагностика (области, где данные часто получаются в результате дорогостоящей и сложной экспериментальной работы), кроме этого они могут получить лучшие результаты для огромного количества задач, однако их чрезвычайно сложно масштабировать на большие задачи, так же этот метод позволяет оценить неопределенность в прогнозах, что является отличной функцией для таких областей, как медицина.

Байесовские сети (БС)- это графические структуры, используемые для представления вероятностных отношений между набором случайных величин. В этих сетях каждый узел представляет собой случайную величину с определенными предложениями. Например, в области медицинской диагностики избыточного веса у пациентов, узел представляет предположение о том, что у пациента избыточный вес. Ребра, соединяющие узлы, представляют собой вероятностные зависимости между этими случайными величинами. Если из двух узлов один влияет на другой, то они должны быть напрямую связаны в направлениях воздействия. Сила взаимосвязи между переменными количественно определяется вероятностью, связанной с каждым узлом.[2]

БС могут одновременно обрабатывать многозначные переменные. Переменные БС состоят из двух измерений:

- Диапазон предлогов
- Вероятность присваивается каждому из предлогов.

Рассмотрим конечное множество $X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ дискретных случайных величин, где каждая переменная X_i может принимать значения из конечного множества, обозначаемого $Val(X_i)$. Если существует направленная связь от переменной X_i к переменной X_j , то переменная X_i будет родителем переменной X_j , демонстрируя прямые зависимости между переменными.

Структура БС идеальна для объединения априорных знаний и наблюдаемых данных. БС можно использовать для изучения причинно-следственных связей и понимания различных проблемных областей, а также для прогнозирования будущих событий даже в случае отсутствия данных.

Построение байесовской сети. Инженер по знаниям может построить байесовскую сеть. Есть ряд шагов, которые должен предпринять по знаниям при его создании.[1]

Пример проблемы — гипертония. У больного высокое давление, головная боль, тахикардия. Он посещает врача, подозревая, что причина его заболевания избыточный вес, неправильное питание. Врач знает, что, кроме избыточного веса, у пациента могут быть различные другие заболевания, такие как наследственный фактор, гормональный фон у женщин, потребление алкоголя, курение и т.д.

Для анализа соберем соответствующую информацию о проблеме

- Потребляет ли алкоголь больной? Если да, то высоки шансы заболеть гипертонией.
- Есть ли у больного избыточный вес? Если да, то на сколько избыточен?
- Была ли гипертония у близких родственников?
- Какой рацион питания у пациента? Много ли мяса и того подобных продуктов?

Теперь определим узлы для связи причинно следственной связи

- Какие узлы представлять?
- Какие значения они могут принимать? В каком состоянии они могут быть?

А пока рассмотрим узлы только с дискретными значениями. Переменная должна принимать ровно одно из этих значений.

Типы дискретных узлов:

- **Логические узлы** — они представляют предложения, принимающие двоичные значения ИСТИНА (Т) и ЛОЖЬ (F).

- **Упорядоченные значения** — узел *Избыточный вес* может представлять и принимать значения из {низкий, средний, высокий}, описывающие степень воздействия веса на пациента.

- **Интегральные значения.** Узел под названием «*Возраст*» может представлять возраст пациента с возможными значениями от 1 до 120. Даже на этом раннем этапе делается выбор для моделирования.

Таблица.1. Возможные узлы и значения для примера рака легких

Имя узла	Тип	Стоимость
Избыток веса	Бинарный	{НИЗКИЙ, ВЫСОКИЙ, СРЕДНИЙ}
Агрессия пациента	логический	{ВЕРНО, НЕВЕРНО}
Гипертония	логический	{ВЕРНО, НЕВЕРНО}
Показатель танометра	Бинарный	{Позитивный негативный}

Топология сети должна отражать качественные отношения между переменными.

Например, что вызывает у пациента гипертонию? - Избыточный вес и алкоголь. Затем добавьте дуги от узла *Избыточный вес* и узла *Алкоголик* к узлу *Гипертония*.

Точно так же, если у пациента гипертония, то результат показателя танометра в течении нескольких наблюдений будет высоким. Затем добавим дугу от узла *Гипертония* до узла *X-Ray*.

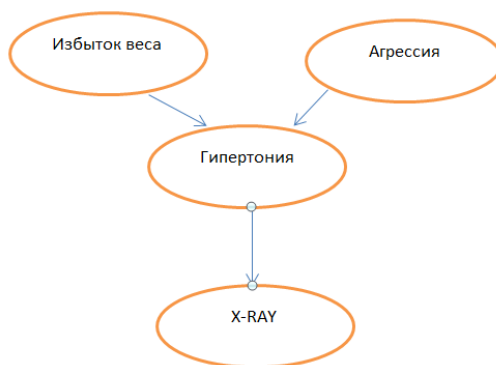


Рисунок.1.

Укажем топологию

Обычно БС располагают так, чтобы дуги были направлены сверху вниз. Набор родительских узлов узла X задается Parents(X).

У узла Гипертония есть два родителя (причины): *Избыток веса* и *Агрессия*, а узел *Избыток веса* является **предком** узла *X-Ray*. Точно так же *X-Ray* является потомком (следствием) узла *Гипертония* и **преемником** узлов *Избыток веса* и *Агрессия*.

Условные вероятности

Теперь оценим отношения между связанными узлами количественно: это делается путем указания условного распределения вероятностей для каждого узла. Поскольку здесь рассматриваются только дискретные переменные, это принимает форму **таблицы условной вероятности (ТУВ)**.

Во-первых, для каждого узла нам нужно просмотреть все возможные комбинации значений этих родительских узлов. Каждая такая комбинация называется **экземпляром** родительского набора. Для каждого отдельного экземпляра значений родительского узла нам нужно указать вероятность, которую примет дочерний элемент. Каждому узлу будет передана условная и приблизительная вероятность.

Заключение

В заключении можно сказать что байесовские сети связаны с прогнозированием. И достоинство в том, что можно определить вероятность того или иного события не сложным путем.

Список использованных источников

- [1] Искусственный интеллект [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://www.tutorialspoint.com/artificial_intelligence/artificial_intelligence_neural_networks.htm
[2] Почему нам следует использовать Байесовскую нейронную сеть [Электронный ресурс]. Режим доступа <https://towardsdatascience.com/why-you-should-use-bayesian-neural-network-aaf76732c150>

THE ROLE OF BAYESIAN NEURAL NETWORKS FOR DISEASE DIAGNOSIS

MA. NUGMANOVA

*Research Assistant
at the Institute of Digital
technologies and artificial
intellect.*

M.A. Nugmanova

She graduated from the bachelor's and master's programs of the Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Kharezmi. I worked at the joint faculty of BSUIR-TUIT on the estate of Muhammad al Kharezmi. Currently Research Assistant at the Institute of Digital Technologies and Artificial Intelligence

E-mail: miss.abduazimova@gmail.com

Abstract: Today, the field of machine learning and neural networks, in all areas, is being increasingly studied. This article discusses the role and importance of the Bayesian neural network in medicine, as well as a comparative analysis of the standard neural network of the Bayesian neural network.

Keywords: neural network, diagnosis, medicine, Bayes, diseases, causes.

УДК 336.74

АФФИНТИВНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОЙ КОРЗИНЫ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА APRIORI



К.А. Кот

магистрант кафедры математического и информационного обеспечения экономических систем
УО ГрГУ им. Я.Купалы



Н.В. Марковская

доцент кафедры математического и информационного обеспечения экономических систем
УО ГрГУ им. Я.Купалы

УО Гродненский государственный университет имени Янки Купалы
E-mail: kristinakot.gsl@gmail.com, n.markovskaya@grsu.by

К.А. Кот

Окончила Гродненский государственный университет имени Янки Купалы. Магистрантка кафедры математического и информационного обеспечения экономических систем УО ГрГУ им. Я. Купалы.

Н.В. Марковская

Доцент кафедры математического и информационного обеспечения экономических систем УО ГрГУ им.Я.Купалы, кандидат физико-математических наук, доцент.

Аннотация. Ассоциативные правила являются удобным механизмом для обнаружения логических взаимосвязей среди набора объектов. В связи с развитием маркетинга и торговли в целом очень важно понимать, какие тенденции наблюдаются в покупательском поведении, чтобы увеличить продажи, помочь покупателям в поиске необходимых товаров и избежать нежелательных ситуаций, а также для общего анализа ситуации с целью проведения грамотной маркетинговой политики. В работе проанализированы покупательские транзакции на примере одного магазина. Предложенный способ анализа с помощью алгоритма Apriori и возможностей языка Python позволит облегчить и ускорить процесс поиска и получения результатов.

Ключевые слова: потребительская корзина, ассоциативные правила, алгоритм Apriori, поддержка, достоверность, транзакции.

Критерии оценки ассоциативных правил.

Ассоциативные правила представляют собой механизм нахождения логических закономерностей между связанными элементами (событиями или объектами).

Выделяют три вида правил:

- полезные правила, содержащие действительную информацию, которая ранее была неизвестна, но имеет логическое объяснение;
- тривиальные правила, содержащие действительную и легко объяснимую информацию, отражающую известные законы в исследуемой области, и поэтому не приносящие какой-либо пользы;
- непонятные правила, содержащие информацию, которая не может быть объяснена.

Для оценки полезности и продуктивности перебираемых правил используются различные частотные критерии, анализирующие встречаемость кандидата в массиве экспериментальных данных. Важнейшими из них являются поддержка (support) и

достоверность (confidence).

Правило $A \rightarrow T$ имеет поддержку s , если оно справедливо для $s\%$ взятых в анализ случаев:

$$\text{support}(A \rightarrow T) = P(A \cup T). \quad (1.1)$$

Например, пусть поддержка правила "если покупатель приобретет муку, то он купит и яйца" ($X \rightarrow Y$, X – мука, Y – яйца) равна 25%. Это говорит о том, что в 25% сделанных покупок мука и яйца ($X \cup Y$) присутствовали одновременно.

Достоверность правила показывает, какова вероятность того, что из наличия в рассматриваемом случае условной части правила следует наличие заключительной его части (т.е. из A следует T):

$$\text{confidence}(A \rightarrow T) = P(A \cup T) / P(A) = \text{supp}(A \rightarrow T) / \text{supp}(A). \quad (1.2)$$

Например, пусть достоверность правила "если покупатель приобретет яйца, то он купит и муку" равна 70%. Это говорит о том, что в 70% случаев встречи яиц в списке сделанных покупок присутствует и мука.

Кроме этого используются и другие показатели - подъемная сила, или лифт (lift), которая показывает, насколько повышается вероятность нахождения T в анализируемом случае, если в нем уже имеется A [3]:

$$\text{lift}(A \rightarrow T) = \text{confidence}(A \rightarrow T) / \text{support}(T). \quad (1.3)$$

“Усиление (leverage) отражает, насколько интересной может быть более высокая частота A и T в сочетании с более низким подъемом” [3]:

$$\text{leverage}(A \rightarrow T) = \text{support}(A \rightarrow T) - \text{supp}(A) \times \text{supp}(T). \quad (1.4)$$

Начало работы с алгоритмом.

Учитывая вышеизложенные факты, проведем анализ потребительской корзины магазина и выделим ассоциативные правила с помощью алгоритма Apriori. На первом этапе работы осуществляется просмотр базы данных и ее преобразование в вид, удобный для последующей работы. В используемой в данной работе базе данных были удалены товары “пакеты” и “мешки” из всех транзакций, поскольку в ходе предварительного анализа было установлено, что данный товар наиболее часто покупается и, соответственно, большинство правил его содержат, в то время как нас интересуют другие взаимосвязи. Также все названия объектов были заменены на более короткие эквиваленты.

Применение Python.

Исходные данные были получены в формате MS Excel, и были экспортированы в Python. Все преобразования над ними выполнены с помощью инструментов языка Python для работы с объектами DataFrame и библиотеки pandas.

Алгоритм действий выглядит следующим образом:

- 1) удаляются все данные за исключением номера чека, даты и полного наименования товара;
- 2) полные названия заменяются на краткие;
- 3) данные упорядочиваются по номеру чека и дате;
- 4) товары с одинаковой датой и номером чека группируются в один чек.

```
import pandas as pd
```

```
df = pd.read_excel('C:\\Users\\User\\Downloads\\m4.xlsx')
```

```
del df['Заголовок чека. Код кассы']
del df['Заголовок чека. Код Z-отчета']
del df['Заголовок чека. Время чека']
df['Карточка товара. Название короткое'] = df['Карточка товара. Название
короткое'].astype(str)
df['Карточка товара. Название короткое'] = df['Карточка товара. Название
короткое'].str.partition(' ')[0]
df.groupby('Заголовок чека. Дата чека')
df.head(50)
del df['Заголовок чека. Дата чека']
df["Чек"] = ""
```

	Чек
0	СПИЧКИ, СПИЧКИ
1	ВИНО, БАТОН, МОЛОКО, МЯСО
2	КОРМ, МОЛОКО, МОЛОКО, РЫБА
3	КОЛБАСА, ХЛЕБ, САЛАТ, ВОДА
4	НАПИТОК
5	СОЛЬ, ПЕРЕЦ, КРУПА
6	КЕФИР
7	БАТОН, КЕФИР, МОЛОКО, ВОДА, ЗЕЛЕНЬ, ЯБЛОКО
8	МЯСО, КОЛБАСА
9	БУЛКА, БУЛКА

Рисунок 1.

алгоритма

Результат работы

Результаты работы в RStudio.

Дальнейшая работа в среде разработки RStudio проводилась с файлом, конвертированным в csv-формат.

Применяя алгоритм Apriori, мы можем определить товары, купленные вместе – то есть установить ассоциативные правила. Рассмотрим первый магазин и описательные статистики его транзакций:

```
>library(arules)
>library(arulesViz)
>groceries=read.transactions(file.choose(), sep=",")
>G<-groceries
>inspect (head (G, 10))
>summary(G)
transactions as itemMatrix in sparse format with
18620 rows (elements/itemsets/transactions) and
531 columns (items) and a density of 0.02107276
most frequent items:
ХЛЕБ МОЛОКО БАТОН СМЕТАНА КОЛБАСА (Other)
11447 9764 6553 6006 5821 168760
Min. 1st Qu. Median Mean 3rd Qu. Max.
1.00 7.00 11.00 11.19 15.00 56.00
```

Таким образом, мы видим, что в наборе данных присутствуют 531 продукт и 18620 транзакций (чеков). Наиболее часто встречающиеся товары:

- хлеб;
- молоко;
- батон;
- сметана;
- колбаса.

Максимальное количество товаров в чеке – 56, а минимальное – 1. Наиболее часто транзакции с большим количеством товаров выпадают на праздничные периоды.

Визуально отобразим данные в виде диаграммы частоты. В качестве типа шкалы используем относительный, то есть, какова частота встречаемости того и иного товара по отношению к другим товарам в выборке:

```
>itemFrequencyPlot(G,topN=20,type="relative",col=brewer.pal(8,'Pastel2'),
main="Relative Item Frequency Plot")
```

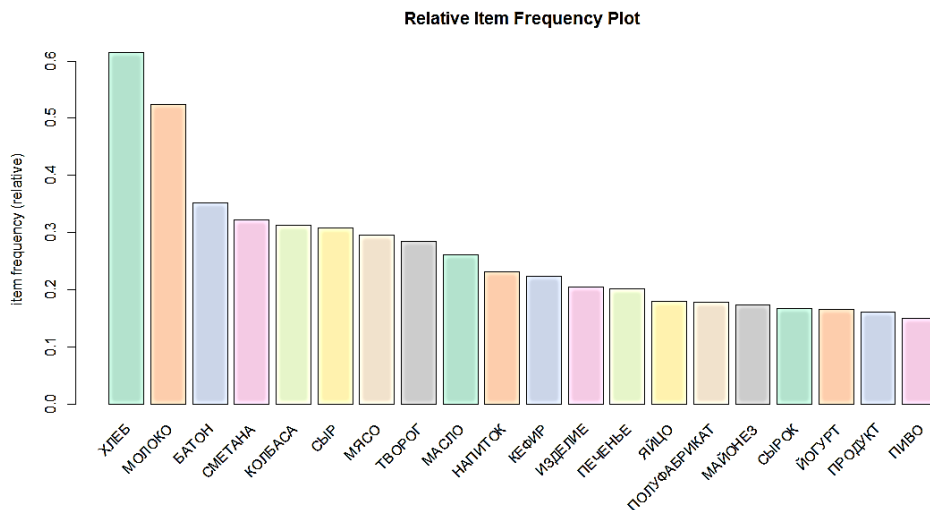


Рисунок 2. График 20 наиболее встречаемых товаров в первом магазине

Применим алгоритм Apriori, где *supp* – минимальный уровень поддержки, а *conf* – достоверность, и отсортируем выборку по уменьшению уровня достоверности. В конечную выборку попало 308816 ассоциативных правил.

Рассмотрим первые 10 из них:

```
> inspect(head(G_rules, n = 10, by = "confidence"))
```

lhs	rhs	support	confidence
[1]{СОДА,СЫРОК}	=> {ХЛЕБ}	0.001181525	1
[2]{МАКАРОНЫ,ПЕЛЬМЕНИ}	=> {ХЛЕБ}	0.001181525	1
[3]{ГРАНАТ,МОЛОКО,СЫР}	=> {ХЛЕБ}	0.001020408	1
[4]{БАТОН,ВЫРЕЗКА,МЯСО}	=> {ХЛЕБ}	0.001127820	1
[5]{БАТОН,ВЫРЕЗКА,КОЛБАСА}	=> {ХЛЕБ}	0.001235231	1
[6]{МОЛОКО,СОДА,СЫРОК}	=> {ХЛЕБ}	0.001020408	1
[7]{КЕФИР,Колбаса,СЫР}	=> {ХЛЕБ}	0.001074114	1
[8]{КОЛБАСА,ПЛЕТЕНКА,П/Ф}	=> {ХЛЕБ}	0.001020408	1
[9]{КОЛБАСА,ПЛЕТЕНКА,ЯЙЦО}	=> {ХЛЕБ}	0.001074114	1
[10]{БАТОН,ПЛЕТЕНКА,СЫР}	=> {МОЛОКО}	0.001503759	1

Полученные результаты можно трактовать следующим образом (на примере первого ассоциативного правила): если покупатель приобрел питьевую соду и сырок, то с достоверностью 1 он приобретет и хлеб. Поддержка 0,011 означает, что на 11 случаев из 10000 правило работает.

Теперь, когда правила сформированы, для одного из самых часто покупаемых товаров в первом магазине можно узнать:

- что покупатели скорее всего приобрели перед этим;
- что приобрели после покупки данного товара.

Для этого зададим функции `apriori` новые параметры – `lhs` (left hand side – товары, которые приобрели) и `rhs` (right hand side – товары, которые приобретут впоследствии):

```
>G_rules<-apriori(data=G, parameter=list(supp=0.001,conf = 0.7),
  appearance = list(default="lhs",rhs="МОЛОКО"),
  control = list(verbose=F))
>G_rules<-sort(G_rules, decreasing=TRUE,by="confidence")
>inspect(G_rules[1:10])
```

lhs	rhs	support	conf
[1] {БАТОН,ПЛЕТЕНКА,СЫР}	=> {МОЛОКО}	0.001503759	1
[2] {ЙОГУРТ,КЕФИР,Фореель}	=> {МОЛОКО}	0.001074114	1
[3] {ЙОГУРТ,ТВОРОГ,Фореель}	=> {МОЛОКО}	0.001288937	1
[4] {ВАФЛИ,КЕФИР,МАНДАРИНЫ}	=> {МОЛОКО}	0.001235231	1
[5] {БУМАГА,МОРОЖЕНОЕ,ЯБЛОКИ}	=> {МОЛОКО}	0.001074114	1
[6] {БАТОН,КОЛБАСА,ПЛЕТЕНКА,СЫР}	=> {МОЛОКО}	0.001074114	1
[7] {БАТОН,ПЛЕТЕНКА,СЫР,ХЛЕБ}	=> {МОЛОКО}	0.001288937	1
[8] {БАТОН,КОРЖИ,СЫР,ТВОРОГ}	=> {МОЛОКО}	0.001020408	1
[9] {БАТОН,МАРГАРИН,ПОЛУФАБРИКАТ,ХЛЕБ}	=> {МОЛОКО}	0.001074114	1
[10] {КЕФИР,МАРГАРИН,МАСЛО}	=> {МОЛОКО}	0.001074114	1

Таким же способом можно задать параметру `lhs` значение “МОЛОКО” и узнать, какие продукты часто берут после него. Значение достоверности понизим до 0,3, поскольку при `conf=0.7` ассоциативные правила не обнаруживаются. Параметру `minlen` присвоено значение 2 во избежание пустых наборов объектов `lhs`.

```
>G_rules<-apriori(data=G, parameter=list(supp=0.001,conf = 0.3,minlen=2),
  appearance = list(default="rhs",lhs="МОЛОКО"),
  control = list(verbose=F))
>G_rules<-sort(G_rules, decreasing=TRUE,by="confidence")
inspect(G_rules[1:5])
```

lhs	rhs	support	confidence	coverage	lift	count
[1] {МОЛОКО}	=> {ХЛЕБ}	0.3727175	0.7107743	0.5243824	1.156165	6940
[2] {МОЛОКО}	=> {БАТОН}	0.2245435	0.4282057	0.5243824	1.216724	4181
[3] {МОЛОКО}	=> {СМЕТАНА}	0.2110634	0.4024990	0.5243824	1.247841	3930
[4] {МОЛОКО}	=> {СЫР}	0.1897422	0.3618394	0.5243824	1.172342	3533
[5] {МОЛОКО}	=> {ТВОРОГ}	0.1858754	0.3544654	0.5243824	1.247665	3461

Как видно из результатов работы алгоритма, довольно часто проявляется закономерность между покупкой колбасных изделий и алкогольной продукции.

Заключение.

По результатам, которые были достигнуты в ходе проведенного исследования, следует отметить, что наиболее часто встречающейся закономерностью является совместное приобретение молочных продуктов и выпечки. Следовательно, самым

рациональным решением будет расположить эти отделы рядом. Также следует отметить, что необходимо в первую очередь следить за доступностью продуктов, занимающих главные позиции на графике встречаемости товаров.

Список использованных источников

[1] Загребанцев А.Н. Использование алгоритма «Apriori» для поиска ассоциативных правил / Загребанцев А.Н., Марковская Н.В. // "Science and education in the modern world: challenges of the XXI century " атты III Халықар. ғыл.-тәж. конф. материалдары (II том)/ Құраст.: Е. Ешим, Е. Абиев т.б.– Нур-Султан, 2019 – С.221-225.

[2] Залога А.Ю. Аффинитивный анализ данных. Поиск ассоциативных правил / Залога А.Ю., Марковская Н.В. // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сб. Материалов V Междунар. науч.-практ. конф. (Республика Беларусь, Минск, 13-14 марта 2019 года). В 2 ч. Ч. 2. / редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск: БГУИР, 2019. – С. 20-26.

[3] 3). Acheampong F., Markovskaya N.V. Using apriori algorithm for investigation of Economic Data / Acheampong F., Markovskaya N.V. // BIG DATA Advanced Analytics: collection of materials of the fourth international scientific and practical conference. (Minsk, Belarus, May 3 – 4, 2018) / editorial board: M. Batura [etc.]. – Minsk, BSUIR, 2018. – P. 140-144.

AFFINITIVE ANALYSIS OF CONSUMER BASKET DATA USING THE APRIORI ALGORITHM

K.A.KOT

*Master student of the Department of
Mathematical and Information
Support of Economic Systems, YKSUG*

N.V. MARKOVSKAYA,

*Associate professor of the Department of
Mathematical and Information Support of
Economic Systems*

*Yanka Kupala State University of Grodno, Republic of Belarus
E-mail: kristinakot.gsl@gmail.com, n.markovskaya@grsu.by*

Abstract. Association rules are convenient mechanism for discovering logical relationships among a set of objects. In connection with the development of marketing and trade in general, it is very important to understand what trends are observed in consumer behavior in order to increase sales, help buyers find the right products and avoid unwanted situations, as well as for a general situation analysis in order to conduct a competent marketing policy. This work shows analyzes of transactions of one store. The proposed method of analysis using Apriori algorithm and the capabilities of the Python language will facilitate and speed up the process of searching and obtaining results.

Keywords: consumer basket, association rules, Apriori algorithm, support, reliability, transactions.

УДК 004.6:339.138

BIG DATA КАК ВАЖНЫЙ ЭЛЕМЕНТ МАРКЕТИНГА СОВРЕМЕННОГО БИЗНЕСА



М.Е. Вакалов

*магистрант факультета управления
Южного Федерального Университета
Индивидуальный предприниматель*

*Магистр технических наук Института математики, механики и компьютерных наук им. И.И. Воровича Южного Федерального Университета
E-mail: vakalov.mark@gmail.com*

М.Е. Вакалов

Родился в г. Ростове-на-Дону. В 2016 году окончил Южный Федеральный Университет со степенью магистра по специальности математик-программист. С 2015 года осуществляет предпринимательскую деятельность. С 2016 года работает в сфере продаж. В 2021 году поступил в магистратуру факультета управления Южного Федерального Университета. Проводит научные исследования в области современных технологий маркетинга и цифровой трансформации бизнеса.

Аннотация. В современных реалиях значительную популярность приобретают сервисы сбора и анализа «больших данных». Ранее, для того чтобы получить ответ от аудитории необходимо было произвести бесчисленное множество опросов и исследований, то теперь достаточно выбрать подходящий метод и провести анализ аудитории, чтобы выявить не только потребности будущего потребителя, но и так же определиться с наилучшими каналами коммуникации с ним. Современными инструментами выявления потребности потребителя, в настоящий момент, являются сервисы обработки - Big Data.

Ключевые слова. Big Data, маркетинг, Data-driven marketing, большие данные, аналитика данных.

Введение. Не является секретом тот факт, что с развитием технического прогресса обороты, которые набирает появление новых продуктов и технологий становятся всё больше и больше. Результатом предшествующей технической революции, а именно: с приходом в общество и предприятия цифровизации, скорость появления новых решений для бизнеса, а также обеспечения маркетинга становится быстрее. Одним из таких решений, стало использование Big Data в современных компаниях. Таким образом, за короткое время это стало, отличным инструментом в большинстве компаний, на первый взгляд даже не связанных с IT.

По мнению Майер-Шенбергер В. и Кукьер К.: «...для «больших данных» нет строгого определения. Изначально, идея состояла в том, что объем информации настолько вырос, что рассматриваемое количество уже фактически не помещалось в память компьютера, используемого для обработки, поэтому инженерам потребовалось модернизировать инструменты для анализа всех данных. Так появились новые технологии обработки.» [1]

Big Data – это огромное количество данных, имеющих или не имеющих определенную структуру, накапливающихся в цифровом пространстве.

«Согласно одному из подходов, к этому вопросу, понятие «большие данные» относится к операциям, которые можно выполнять исключительно в большом масштабе. Это порождает новые идеи и позволяет создавать новые формы стоимости, тем самым изменяя рынки, организации, отношения между гражданами и правительствами, а также многое другое.» [1]

Хотя в первое время Big Data использовалась для отчетности и сбора статистических данных, то начиная с 2007 года, с пересмотром парадигмы в аналитических методах, стала активно использоваться при разработке, а также корректировке маркетинговых компаний.

Используя технологии анализа Big Data и применяя полученные знания в бизнесе, довольно быстро стало ясно, что это позволяет вывести маркетинг современных компаний на совершенно новый уровень. Поскольку это позволяет не только качественно улучшить результаты ежедневных задач, но и решить вопросы, которые до использования «больших данных» казались довольно затратными и трудоемкими.

Во-первых, то, с чего начинается разработка любой маркетинговой стратегии – это изучение своей целевой аудитории. С помощью Big Data это реализуется с большей точностью, а именно: детально описывается портрет целевого потребителя. Поскольку, теперь помимо исследования ограниченного количества опросов, проверки гипотез, можно проанализировать не только потребности тысяч или миллионов пользователей, но и их поведение в сети. После этого, на основе точного описания портрета целевого потребителя можно сделать рекламные сообщения максимально персонализированными, что окажет существенное влияние на реакцию клиента.

Во-вторых, с введением понятия «большие данные» особую популярность приобретает предиктивный анализ, а именно: возможность предсказывать реакции потребителей на маркетинговые коммуникации. Благодаря этому можно точнее сегментировать клиентов и определить наиболее важных клиентов ещё до коммуникации с компанией.

В-третьих, используя системы аналитики больших данных можно совершенствовать продукт, тестируя как именно покупатель реагирует на изменения, а также формировать более точную программу лояльности, которая в большей степени будет удовлетворять максимальное количество клиентов.

Все эти преимущества использования «больших данных» способствовали развитию маркетинга в современных компаниях настолько, что в последствии из этого появилось отдельное направление в «Data-driven marketing».

«Data-driven marketing основывается на анализе массивов потребительских данных. В данном случае работа заключается в максимальной автоматизации и оптимизации внутренних и внешних процессов компании, и отслеживании различных видов данных, таких как коэффициент оттока клиентов, уровень удовлетворенности клиентов, доля привлеченных потребителей, пожизненная ценность клиента, конверсия, прибыль, внутренняя норма доходности, окупаемость и т.д. Собранные данные позволяют прогнозировать, контролировать и управлять результатами компании» [2].

Из числа недавнего использования Big Data современными компаниями отличным примером является Apple, с которым столкнулось большинство людей по всему миру. При разработке нового обновления операционной системы IOS 14.4.2 в графе конфиденциальности и способе управления данными появилась информация о «Прозрачности отслеживания в приложениях», таким образом Apple теперь сможет регулировать сбор данных пользователя каждым приложением. Из этого следует, что потребитель, выбирая наличие или отсутствие возможности сбора данных приложением, тем самым вводит монополию на сбор Big Data каждого конкретного пользователя, что дает серьезные преимущества на рынке данных.

Говоря об использовании Big Data в современном маркетинге необходимо сказать и о недостатках таких технологий. В первую очередь, это, конечно, стоимость использования таких сервисов. Поскольку для хранения и обработки такого количества информации требуются достаточно большие ресурсы, то и стоимость этих результатов получается довольно значительная.

И если для крупного бизнеса это вполне обосновано, то бизнесу малого и среднего сегмента часто бывает проблематично внести в расходы на маркетинг необходимость внедрения Big Data, особенно на начальном этапе его становления.

Помимо этого, одной из основных проблем применения «больших данных» современными компаниями является, безусловно - вопрос безопасности, а именно: безопасность личных данных пользователей, которые, собираются и хранятся компаниями. Несмотря на то, что большинство этих данных абсолютно обезличены, до сих пор, пользователи относятся с недоверием к использованию их личных данных, используя для защиты всевозможные сервисы и программы.

Для бизнеса же, основополагающим является практическое применение Big Data и технологий, которые они позволяют реализовать, а именно: сервисы, которые за определенную плату предоставляют доступ к сбору и обработке большого объема данных.

Ниже приведены три наиболее популярного ресурса, которые предоставляют данную возможность:

1С-Битрикс BigData «встроенный облачный сервис персонализации. Он анализирует посетителей магазина - их интересы, покупки, сходство с другими покупателями, и собирает для каждого наиболее релевантные предложения в режиме реального времени»[3]

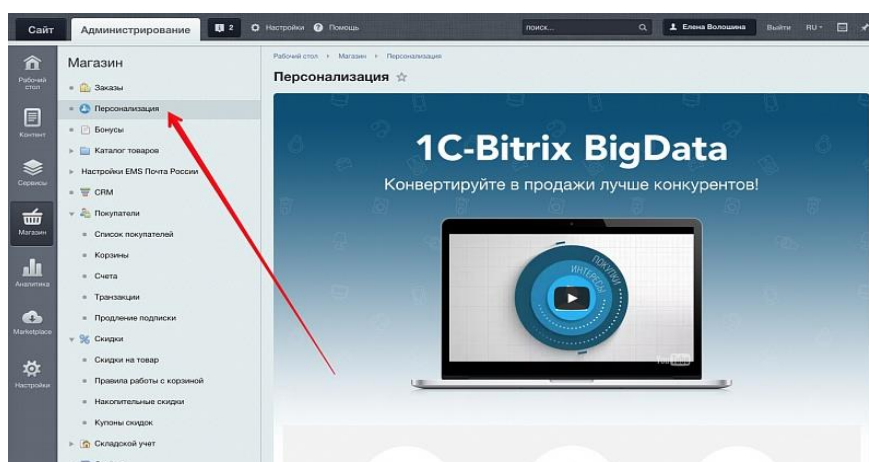


Рисунок 1. Подключение сервиса 1С-Битрикс Big Data

RTB Media (Real Time Bidding) — «технология закупки медийной рекламы посредством программируемых онлайн-аукционов. РТБ фокусируется непосредственно на показах целевым посетителям, а не планированию резервов рекламных площадей на определенных сайтах. Каждый показ выкупается за доли секунды — во время загрузки страницы — система RTB мгновенно проводит аукцион. В результате лучшее предложение от рекламодателей появляется на глазах пользователя, которому оно наиболее интересно.» [4]

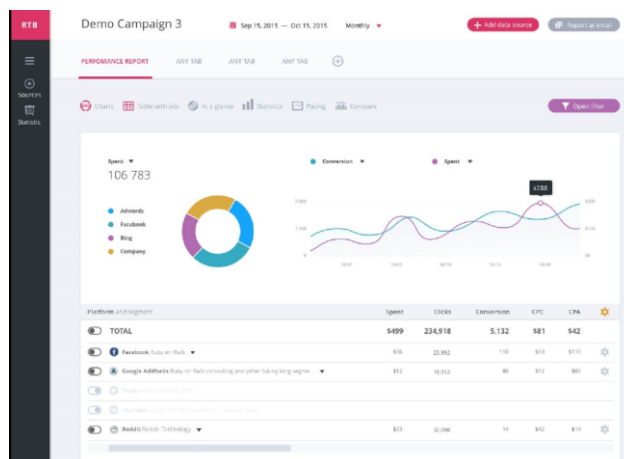


Рисунок 2. Демонстрация сервиса

Analytics – «Система сквозной аналитики с автоматизацией контекстной рекламы и интерактивными отчетами. Возможности: аналитика, интерактивные дашборды, коллтрекинг, автоматическое управление контекстной рекламой. Позволяет эффективно управлять рекламными бюджетами, предоставляет отчет о таких показателях, как CPA, ROI, выручка и др. Внедряется в несколько кликов, подойдет для специалистов по контекстной рекламе, маркетологов и руководителей.» [5]

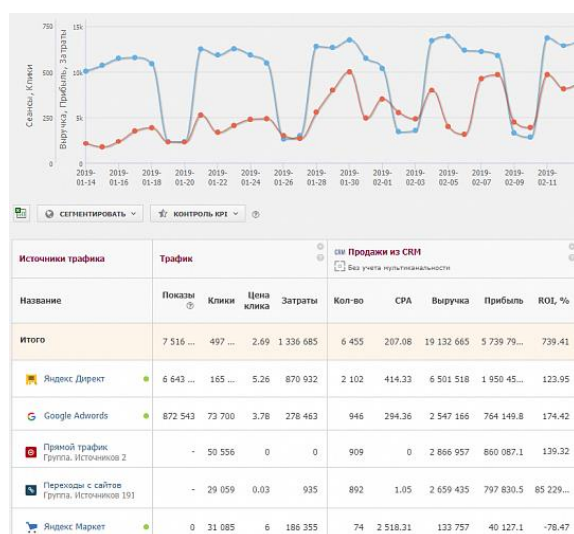


Рисунок 3. Интерфейс раздела аналитики

Заключение. Как мы видим, за короткий промежуток появилось достаточно много способов использовать Big Data в большом количестве задач. Начиная от анализа целевой аудитории и заканчивая программой лояльности и повторными продажами. Несмотря на все плюсы и минусы, можно по-разному относиться к такому подходу. Однако, с его помощью не только клиенту проще найти то, что ему действительно нужно, пролистывая и скрывая огромное количество абсолютно ненужной рекламы, и получая только раздражение от сервиса, но и компании существенно сэкономить на маркетинге и значительно увеличить конверсию снизив при этом отток клиентов, предлагая клиенту то, что ему необходимо в данный момент.

Список использованных источников

- [1]. Виктор Майер-Шенбергер, Кеннет Кукьер. Большие данные. Революция, которая изменит то, как мы живём, работаем и мыслим /пер. с англ. Инны Гайдюк. — М.: Манн, Иванов, Фербер, 2014. — 240 с. — ISBN 987-5-91657-936-9
- [2]. Пархименко, В. А. О некоторых вопросах алгоритмического маркетинга / В. А. Пархименко // Информационные технологии и системы 2018 (ИТС 2018) : материалы междунар. науч. конф. (Республика Беларусь, Минск, 25 октября 2018 года) / редкол. : Л. Ю. Шилин [и др.]. - Минск : БГУИР, 2018. - С. 17-20
- [3] 1c-bitrix.ru [Электронный ресурс] // 1c-bitrix.ru URL: <https://www.1c-bitrix.ru/products/cms/modules/bigdata> (дата обращения: 19.02.2022).
- [4] rtb-media.ru [Электронный ресурс] // rtb-media.ru URL: <http://rtb-media.ru/wiki/> (дата обращения: 22.02.2022).
- [5] www.uplab.ru [Электронный ресурс] // www.uplab.ru URL: <https://www.uplab.ru/blog/big-data-technologies/> (дата обращения: 25.02.2022).

BIG DATA AS AN IMPORTANT ELEMENT OF MARKETING IN MODERN BUSINESS

M.E. VAKALOV

*Master student of the Faculty of Management
of the Southern Federal University
Individual entrepreneur*

*Master of Science in Engineering from the Institute of Mathematics, Mechanics and Computer Science. I.I. Vorovich
Southern Federal University
Vakalov.mark@gmail.com*

M.E. Vakalov

Born in Rostov-on-Don. In 2016, graduated from the Southern Federal University master's degree in mathematics and programming. Since 2016 has been working in the field of sales. Since 2019, has been carrying out entrepreneurial activities. In 2021, entered the master's program at the Faculty of Management of the Southern Federal University.

Abstract. In modern realities, services for collecting and analyzing "big data" are gaining significant popularity. Previously, in order to get a response from the audience, it was necessary to conduct countless surveys and studies, but now it is enough to choose the appropriate method and analyze the audience in order to identify not only the needs of the future consumer, but also determine the best channels of communication. At the moment, modern tools for identifying consumer needs, are processing services - Big Data.

Keywords. Big Data, marketing, Data-driven marketing, data analytics.

УДК 339.1

КОГНИТИВНАЯ БИОИНСПИРИРОВАННАЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИХ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕХОДА К УСТОЙЧИВОЙ ЭКОНОМИКЕ



Е.А. Керзина

*заведующий лабораторией Ритейл-маркетинга
и исследований поведения потребителей,
доцент кафедры маркетинга ФГАОУ ВО
«Пермский государственный национальный
исследовательский университет»*

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Российская Федерация

E-mail: marketing.psu@yandex.ru

Е.А.Керзина

Получила высшее образование по профилю «Торговое дело (Коммерция)», обладает магистерской степенью по психологии, работает зав.лабораторией Ритейл-маркетинга и исследований поведения потребителей, доцент кафедры маркетинга Пермского государственного национального исследовательского университета.

Аннотация: Данный текст является скорее философскими рассуждениями, чем с традиционно принятых описаний теорий. Автор попытался на основе позитивистского подхода объединить несколько теорий под единственной главной идеей: оценить возможность создания модели, предсказывающую поведение потребителей в ключе принятия решения в пользу «полезных» продуктов питания, произведенных на принципах устойчивости, с применением биоинспирированного алгоритма. В качестве методики исследования применялся латеральный сдвиг вида «замена», основанном на контент-анализе публикаций. Результатом работы является адаптация иммунного алгоритма к модели принятия потребительского решения.

Ключевые слова: принятие потребительских решений, биоинспирированные алгоритмы, мясопереработка

Введение

В современных конъюнктурных условиях и масштабирования инноваций в пищевой промышленности возрастает значение согласования и более полной реализации экономических интересов хозяйствующих субъектов, национальной экономики и общества. В современных условиях высокой неопределенности это наиболее ярко проявляется как в мировом сельском хозяйстве, так и агропромышленном комплексе РФ.

С целью более полного использования производственного потенциала как крупных, так и малых перерабатывающих предприятий, очевидно, что необходимо шире развивать кооперацию и интеграцию переработчиков и сырьевой базы, то есть непосредственными производителями сырья, а также ведение новых разработок и оптимизации поставок пищевых добавок и развития упаковочных технологий. К числу факторов, стимулирующих эффективность данных процессов, можно отнести рост транзакционных издержек.

Причем прибыль уже не является целевым показателем современного эффективного бизнеса, а следовательно, налоговых отчислений в бюджет РФ. В условия нестабильной экономики более целесообразно применять понятие «устойчивость».

Материалы и методы

Первый шаг к повышению устойчивости производства является определение устойчивости. В экономической теории устойчивость рассматривается в качестве одного из понятий концепции экономического равновесия, согласно которой достижение и удержание равновесного состояния в экономике относятся к числу важнейших макроэкономических задач (Рогова В. А., 2011). Впервые концепцию общего экономического равновесия как универсальное средство анализа экономической системы предложил швейцарский экономист Мари Вальрас. В основном своем произведении – «Элементы чистой политической экономии» (1874 -1877 гг.) сделал попытку построения обобщенной математической модели (системы уравнений) капиталистической экономики. Модель включала производство, обмен, образование капитала и денежное обращение.

В отличие от своих предшественников - О. Курно, У. Джевонса и А. Маршалла, которые оперировали причинно-следственными связями, М. Вальрас понимал экономическое равновесие не просто как равенство спроса и предложения, а как общее экономическое равновесие симметричных рынков.

Модель общего экономического равновесия отражает взаимосвязь рынков готовой продукции и рынков факторов производства. В условиях рыночного хозяйства с совершенной конкуренцией это приводит к единственному равновесию множества рынков. М. Вальрас трактовал хозяйственные связи как систему функциональных зависимостей, что позволяло ему учитывать прямые и обратные связи.

Согласно концепции общего экономического равновесия, экономические субъекты стремятся перевести экономическую систему в оптимальное состояние, рассматривая его как равновесие, которое в данном контексте ассоциируется с устойчивостью. (Хакен Г., 1994.) Если система находится в состоянии устойчивого равновесия, то при возмущениях внешней среды, нарушающих его, она возвращается к своему первоначальному состоянию через определенный промежуток времени.

Известно, что устойчивость предприятия непосредственно связана с его способностью к самоорганизации, под которой принято понимать процесс установления в системе порядка, происходящий за счет кооперативного действия и связей ее компонентов и в соответствии с ее предыдущей историей, приводящий к изменению ее пространственной, временной или функциональной структуры .

В экономической литературе различными авторами неоднократно предпринимались попытки систематизировать признаки и виды устойчивости предприятия. Так, Р.А. Попов, например, различает следующие виды устойчивых систем (Попов Р.А., 2004.):

- общая устойчивость (состояние упорядоченной интегративной совокупности внутренних и внешних элементов);
- структурная устойчивость (состояние субординированных внутренних элементов);
- факторальная устойчивость (состояние под возмущающим действием отдельных, как правило, внешних факторов).

С другой стороны, «Система устойчива, если

$$\forall \epsilon \exists \delta(\epsilon) : \\ \|\bar{x}(0) - \bar{x}^0(0)\| < \delta(\epsilon) \rightarrow \|\bar{x}(t) - \bar{x}^0(t)\| < \epsilon,$$

т. е. если «малым возмущениям внешней системы соответствуют малые возмущения рассматриваемой системы, то такая система считается устойчивой» (Ляпунов А.М, 1956).

Тогда методы устойчивости нелинейных систем, в частности, понятие «предела устойчивости» есть совокупность значений параметров стабильности системы.

Таким образом, устойчивость можно определить, как способность системы сохранить свое качество в условиях изменяющейся среды и внутренних трансформаций (случайных или преднамеренных).

Под устойчивым развитием предприятия мясоперерабатывающей промышленности следует понимать основанные на научном расчете позитивные изменения структуры, технологий и основных экономических показателей деятельности предприятия, приводящие к росту его эффективности, позволяющие предприятию выпускать конкурентоспособную продукцию и занимать определенную нишу рынка, а также выполнять все обязательства перед государством, партнерами, персоналом и другими предприятиями благодаря превышению доходов над расходами. Исходя из системной концепции, содержание устойчивого развития в контексте мясоперерабатывающей отрасли следует рассматривать как взаимосвязь производственной, финансовой, организационно-экономической, маркетинговой, социальной, технологической характеристик деятельности предприятия.

Проблема устойчивости в мировом сельском хозяйстве порождает дебаты по поводу относительных достоинств органических или природных производств по сравнению с обычной производственной практики. Данный факт обусловлен тенденциями в поведении потребителей: стремлением потреблять безопасные продукты, то есть оказывающие минимальное негативное воздействие на организм человека. Так, Ким Стэкхаус, кандидат наук, руководитель исследований устойчивости для NCBA (Cooperative League of the United States of America, the National Cooperative Business Association (NCBA)) подчеркивает, что устойчивость требует трех составляющих: экономическую жизнеспособность, охраны окружающей среды и социальной ответственности. Кэмерон Бруетт, руководитель проекта в мясной отрасли объединения JBS, считает, что устойчивое предприятие – предприятие, работающее с прибылью (Т.В. Шимоханская, 2011).

Кроме того, эффективность на всех этапах производства поможет способствовать к устойчивому развитию. Например, биологическая эффективность отдельных животных с помощью геномики и выбора кормов; снижение пищевых отходов и потребления ресурсов, таких как вода и энергия. Важными элементами формирования устойчивости перерабатывающего предприятия является углубление переработки, оптимизация логистических цепей и введение стратегического маркетинга.

Углубление уровня обработки и систем распределения дают новые возможности для снижения отходов производства, обеспечения удобства потребителя в покупке и потреблении того или иного продукта (Ларс Пернер). Например, ранее в США потребители пекли собственный хлеб из местной муки. Сегодня большинство домохозяйств покупают Полуфабрикаты хлеба, и, по оценкам специалистов, фермер получает лишь около 5% от цены, уплаченной потребителем за пшеницу. [http://www.consumerpsychologist.com/food_marketing.html] В Российской мясной промышленности долгие годы наблюдается диспропорция: производители мяса сырья получают минимальную ценовую премию, переработчики получают максимальную прибыль, потому что именно их продукцию знает потребитель. Кроме того, с учетом освоения новых рынков поставщиками сырья, конечной продукции, а также покупательской способности потребителей (с развитием телекоммуникационных технологий), конкуренция в отраслях пищевой промышленности носит все более глобальный характер. Пищевая промышленность сталкивается не только с требованиями к пищевой ценности и безопасности, но и с экологическими проблемами. В связи с этим происходит усложнение рыночных процессов в мясной отрасли, а топ-менеджмент мясоперерабатывающих компаний все больше нуждается в совершенствовании и

оптимизации бизнес-процессов. Так, американцы тратят значительно меньшую часть своих доходов на питание, чем люди в большинстве других стран. Отчасти это происходит из-за американских богатств; так, в Индии и на Филиппинах, семьи, по оценкам экспертов, тратят 51% и 56% своих доходов на питание, соответственно, в значительной степени из-за низкого среднего дохода. Американцы, в среднем, по оценкам, тратят 7-11% своих доходов на продукты питания, по сравнению с 18% в Японии, где еда имеет тенденцию к высокой стоимости, потому что в США цены на продукты питания являются относительно низкими, по сравнению с другими продуктами, здесь. По последним данным Российская Федерация тратит 30%. Что обостряет проблему качества продуктов питания и методов его оценки. производственные технологии изменились, гедонистические ценности уже обгоняют возможности отечественной пищевой промышленности. Пища становится все более потребляется вне дома, в ресторанах, кафе, "на вынос". Даже завтраки вне дома становятся более популярны (Ведомости, 2019). Однако проблему утилизации пищевых отходов и продуктов производства сырья не рассматривается по-прежнему, в том числе с точки зрения ресурсного подхода.

Относительно органолептической оценки качества продуктов питания в российской практике ничего не меняется долги годы. Однако в соответствие с исследованиями Калифорнийского университета (Денвер) (США), Мичиганского Университета (США), Университета Отаго (Новая Зеландия), Корнельского Университета (США), а также ряда университетов Франции и Италии, раскрыто множество деталей и инструментарий исследователя и оценщика (товароведа) расширен. Поэтому предлагаемая нами тема на основе междисциплинарного подхода имеет фундаментальную и практическую значимость.

В мировом пространстве актуализируются исследования о том, как люди воспринимают продукты питания и их качество, каков их персональный и совокупный экологический опыт, как это вписывается в социальные нормы, их приоритеты, навыки, самоидентификацию. В какой момент принимается решение о рационализации потребления продуктов питания? Каков уровень экологической грамотности населения? В российских, белорусских реалиях отсутствуют ответы на эти вопросы. Поэтому требуются фундаментальные исследования для определения, способствует ли обособленное принятое решение относительно окружающей среды в совокупности с развитием пищевых технологий повлиять на устойчивое развитие подотраслей пищевой промышленности. Какие стимулы (в т.ч. рыночные силы) способны простимулировать бизнес на решения, способствующие улучшению благосостояния общества, национальной и глобальной среды?

В обозначенном выше ключе мы предлагаем обратить внимание читателей на идею объединения нескольких концепций в одну, пока теоретическую, идею: что, если отбросить традиционные модели принятия решений и вдохновиться тем, что уже создано природой? А именно - принять за основу идею, что в контексте устойчивого маркетинга принятия решений человеком происходят по аналогии работы иммунной системы человека. То есть взять за основу гипотезу, что **принятие решений в выборе «полезных товаров» или «зеленых товаров» осуществляется по аналогии с иммунным алгоритмом.** Важно отметить, что практика применения биоинспирированных алгоритмов представлена в трудах Родзина С.И., Курейчика В.В. (2017), Давыдовского А.Г., Пархименко В.А. (2015). В качестве метода исследования применялся «латеральный сдвиг» (замена, где гены заменены на когниции) и контент-анализ.

Результаты

Ниже представлено описание данного алгоритма с авторскими интервенциями по его адаптации в целях маркетинга (рисунок 1). Иммунные алгоритмы основаны на особенностях функционирования иммунной системы. Иммунная система является одной из самых сложных систем организма человека, а также биологической системой способной к

«интеллектуальной» обработке информации, подразумевая использование таких понятий как обучение, память, возможность распознавания и принятия решения в заранее незнакомых системе ситуациях.

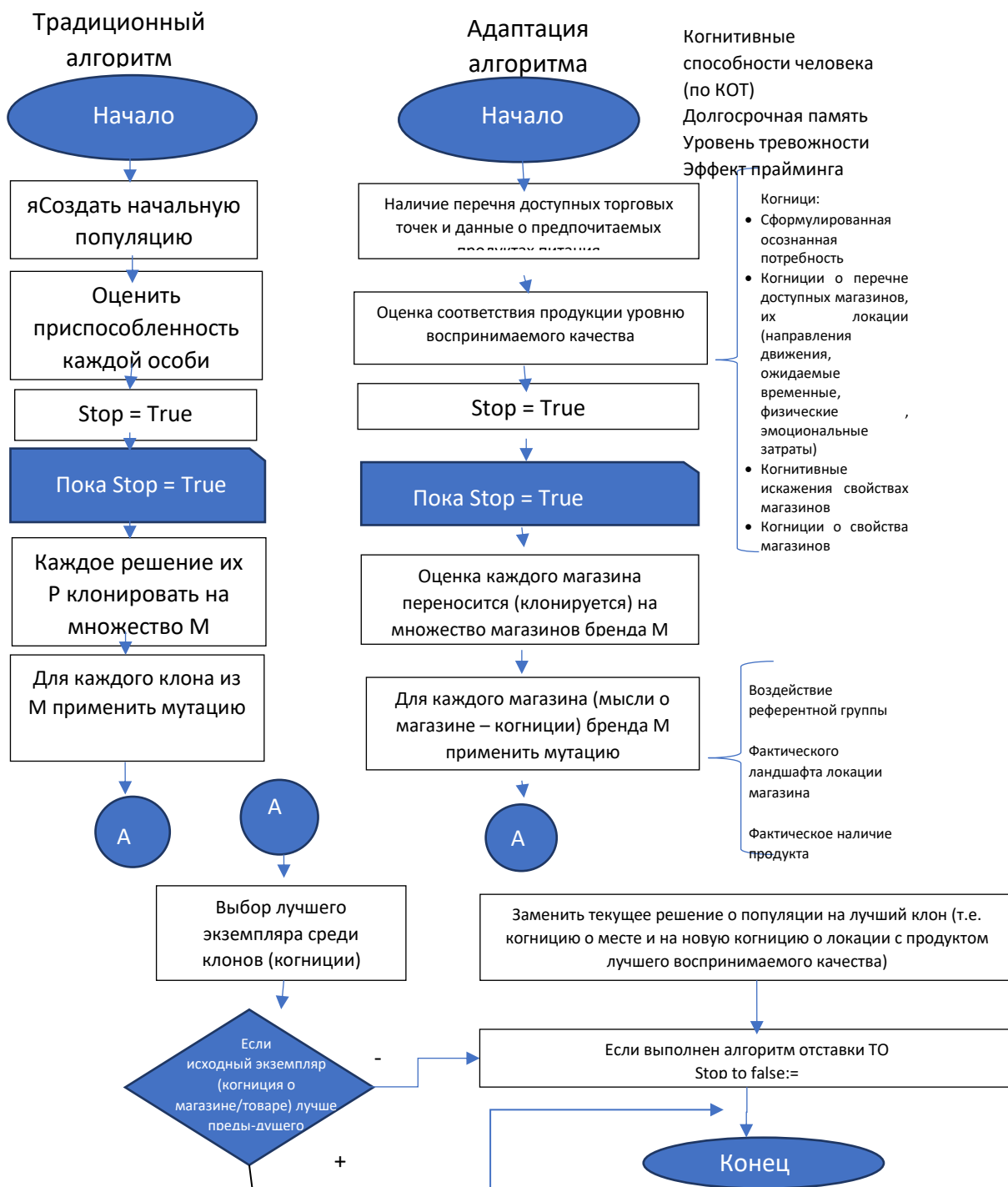


Рисунок 1. Блок-схема концепции когнитивной биоинспирированной пространственно-функциональной модели принятия потребительских решений в условиях перехода к устойчивой экономике на базе иммунного алгоритма

В различных теориях об иммунной системе чужеродные организмы называют антигенами, для уничтожения которых иммунитет вырабатывает специальные клетки —

антитела. Способ обнаружения антител заключается в сравнении свойств различных агентов. Адаптация данного алгоритма к целям маркетинга представлена в таблице 1.

Таблица 1. Адаптация иммунного алгоритма к модели поведения потребителей

Традиционное описание (Требухин А. В., 2011)	Авторская адаптация к маркетингу
Сравнение на принципе негативной селекции (заключается в том, что свойства иммунитета отсутствуют в организме)	Кроме отбора подходящей локации, описанной на рис.1 в адаптированной части алгоритма, потребитель выбирает продукт, руководствуясь микроэлементами, которые требуются организмом человека.
Если у агента обнаружены эти свойства, то он «чужой»	В процессе поиска продуктов, обнаруживаются «чужие» продукты (не подходящие потребителю, возможно с низким воспринимаемым качеством)
Клональная селекция- организм начинает вырабатывать антитела максимально похожие на антигены, что представляет собой процесс клонирования и мутации копий антитела в случайных позициях в ходе работы алгоритма иммунной системы	У потребителя начинают возникать когниции и на каждом новом уровне такой когниции происходит отбор «своего» товара

Таким образом, подходя к моделированию экономического поведения потребителей в контексте устойчивости и с применением биоинспирированных алгоритмов может стать латеральным сдвигом в теории поведения потребителей, с подкреплением эмпирической проверкой.

Список использованных источников

- [1] Блюм, В. С. Иммунная система и иммунокомпьютинг [Электронный ресурс] / В. С. Блюм, В. П. Заболотский // Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН. — Режим доступа: www.smolensk.ru/user/sgma/MMORPH/N-16-html/blum/blum.pdf (дата обращения: 20.05.17). (<https://mid-journal.ru/upload/iblock/ba3/20.-trebukhin.pdf>)
- [2] Боброва Любовь Алексеевна КОГНИТИВНЫЕ ИСКАЖЕНИЯ // Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная философия. Список использованных источников. Сер. 3, Философия: Реферативный журнал. 2021. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kognitivnye-iskazheniya> (дата обращения: 19.03.2022).
- [3] Давыдовский А.Г., Пархименко В.А. Биоинформационное моделирование процессов принятия управленческих решений в условиях информационного стресса // Big Data and Advanced Analytics. 2015. № 1. С. 93-107.
- [4] Требухин А. В. Методы решения оптимизационных задач с использованием биоинспирированных алгоритмов // Молодой исследователь Дона - №6(9) 2017. – с. 108-111.
- [5] Рогова В. А. Понятие устойчивости в экономической науке: эволюция, содержание, типы // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. 2011. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ponyatie-ustoychivosti-v-ekonomicheskoy-nauke-evolyutsiya-soderzhanie-tipy> (дата обращения: 19.03.2022).
- [6] Родзин С.И., Курейчик В.В. — Теоретические вопросы и современные проблемы развития когнитивных биоинспирированных алгоритмов оптимизации (обзор) // Кибернетика и программирование. – 2017. – № 3. – С. 51 - 79. DOI: 10.25136/2306-4196.2017.3.18659 URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=18659.
- [7] Хакен Г. Концепции самоорганизации: становление нового образа научного мышления. М., 1994.
- [8] Guinard, J.-X., C. Zoumas-Morse, and C. Walchak. 1998. Relation between parotid saliva flow and composition and the perception of gustatory and trigeminal stimuli in foods. *Physiology & Behavior* 63(1):109-118.
- [9] Guinard, J.-X. and P. Brun. 1998. Sensory-specific satiety: Comparison of taste and texture components. *Appetite* 31:141-157.
- [10] Yackinous, C. and J.-X. Guinard. 2001. Relation between PROP taster status and fat perception, touch and olfaction. *Physiology & Behavior* 72(3):427-437.

- [11] De Souza, M. D., Vasquez, P., Del Mastro, N. L., Acree, T. E., & Lavin, E. H. (2006). Characterization of cachaca and rum aroma. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54:485-488.
- [12] NEEF. (2015) Environmental Literacy in the United States: An Agenda for Leadership in the 21st Century. Washington, DC: National Environmental Education Foundation. - URL - <https://blueskyfundersforum.org/sites/blueskyfundersforum.org/files/resource/attachment/10/NEEFEnvironmentalLiteracyReport072015.pdf>
- [14] A TASTE FOR CONSUMPTION: Food Waste Generation in New Zealand Cafés and Restaurants Sarah Jane Chisnall A thesis submitted for the degree of Master of Dietetics At the University of Otago, Dunedin, New Zealand - November 2017 - URL - <https://ourarchive.otago.ac.nz/bitstream/handle/10523/7942/ChisnallSarahJ2017MDiet.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [15] Lars Perner. FOOD MARKETING // http://www.consumerpsychologist.com/food_marketing.html (дата обращения: 19.03.22)
- [16] Антинескул Е.А., Магасумов А.Р. Изучение взаимосвязи структуры продаж сервисного центра официального автодилера с доходами клиентов// BIG DATA and Advanced Analytics = BI DATA и анализ высокого уровня: сб. научных статей VII Междунар. науч. практ. конф. (Республика Беларусь, Минск, 19-20 мая 2021 года): / редкол. : В.А. Богущ [и др.]. – Минск: Бестпринт, 2021. – 4666 с. ISBN 978-985-7267-09-5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: http://www.bigdataminsk.by/files/2021_stat1.pdf
- [17] Антинескул Е.А. Нейромаркетинг. Манипуляции с сознанием или революция в рекламе. / Антинескул Е.А. Солодникова И.Н. // Экономика и управление: актуальные проблемы и поиск путей решения [Электронный ресурс]: материалы. регион. науч.-практ. конф. молодых ученых и студентов (г. Пермь, ПГНИУ, 12 апр. 2017 г.) / отв. ред. А. М. Ощепков; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Электрон.дан. – Пермь, 2017
- [18] Антинескул Е.А. Исакова В. Особенности интеграции онлайн и оффлайн коммуникаций в маркетинге Экономика и социум, раздел Информационные и коммуникативные технологии №8(39) 2017
- [19] Керзина Е. А. Применение методов DATAMINING в маркетинговых исследованиях / Е. А. Керзина // Современные гуманитарные и социально-экономические исследования: материалы 2-й науч.-практ. конф., 26 сент. 2013 г. – Пермь, 2013. – Т. 3. – С. 140-145
- [20] Керзина Е.А. Нейромаркетинг: методические основы и практические направления применения в бизнесе. Маркетинг в России и за рубежом. Маркетинг в России и за рубежом – 2019. – №3, раздел Маркетинговый инструментарий. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.mavriz.ru/Abstracts/2019/3/>

COGNITIVE BIOINSPIRED SPATIAL-FUNCTIONAL MODEL OF CONSUMER DECISION-MAKING IN THE TRANSITION TO A SUSTAINABLE ECONOMY

E.A. KERZINA

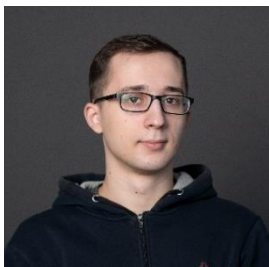
*Head of the Laboratory of Retail Marketing
and Consumer Behavior Research, Associate
Professor of the Department of Marketing
of the Perm State National
Research University (Russia),
marketing.psu@yandex.ru*

Abstract. This text is more philosophical reasoning than from traditionally accepted descriptions of theories. The author tried to combine several theories on the basis of a positivist approach under a single main idea: to evaluate the possibility of creating a model that predicts consumer behavior in the key of making a decision in favor of "healthy" food produced on the principles of sustainability, with the use of a bio-inspired algorithm. The lateral shift of the "replacement" type based on the content analysis of publications was used as a research technique. The result of the work is the adaptation of the immune algorithm to the consumer decision-making model.

Keywords: consumer decision-making, bioinspired algorithms, meat processing

УДК 004.75

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЛАЧНЫХ СЕРВИСОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ, СВЯЗАННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ BIG DATA



М.И. Одиноченко
студент БГУИР



С.Н. Нестеренков
доцент кафедры
программного обеспечения
информационных технологий,
кандидат технических
наук, доцент

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, факультет компьютерных систем и сетей, кафедра программного обеспечения информационных технологий, Республика Беларусь
E-mail: s.nesterenkov@bsuir.by

М.И. Одиноченко

Студент 4 курса специальности «Программное обеспечение информационных технологий» БГУИР.

С.Н. Нестеренков

Окончил БГУИР в 2007 году по специальности «Программное обеспечение информационных технологий», окончил магистратуру БГУИР в 2008 по специальности «Системный анализ, управление и обработка информации», окончил аспирантуру БГУИР в 2013 по специальности «Системный анализ, управление и обработка информации», окончил магистратуру БГУИР в 2013 по специальности «Экономика и управление народным хозяйством», в 2017 защитил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности «Системный анализ, управление и обработка информации».

Аннотация. Целью работы являлось анализ возможностей и актуальности наиболее популярных решений облачных вычислений, описание их преимуществ и недостатков. Были определены наиболее популярные сервисы, причины их использования для обработки больших объемов информации, сделаны выводы об эффективности использования.

Ключевые слова: Big Data, облачный сервис, анализ данных, AWS, Azure, Google Cloud.

Введение.

Big Data[1] имеет популярность в современном мире технологий. Её использование нашлось во многих сферах: медицина, наука, реклама, анализе различных закономерностей. И это неслучайно, с каждым годом количество данных и скорость их появления только увеличивается, интернет всё больше входит в мельчайшие повседневные вещи. Однако выделить какую-либо осмысленную информацию из данных становится тяжело, они ценны, если из них можно выделить сведения, сделать анализ этой информации и применить для каких-либо действий.

Различные данные о человеке или его деятельности чаще всего записываются машиной в больших объёмах, зачастую являющихся бесполезными [2]. По этой причине нужно уметь правильно фильтровать имеющиеся данные, повышать их информативность при сборе и анализе. Обработка Big Data представляет собой довольно тяжёлый и

трудозатратный процесс. Исследование возможностей упрощения анализа данных имеет большую важность, любое улучшение или оптимизация, помноженные на огромный массив данных для обработки, может сэкономить очень много времени.

На сегодняшний день можно выделить основные задачи, связанные с обработкой Big Data[3]:

- сбор данных для анализа;
- хранение данных;
- выполнение облачных вычислений и анализ;
- визуализация и использование результатов обработки.

Сбор данных – первая проблема в сфере Big Data. Необходимо собирать максимальное количество данных с наибольшим потенциалом для анализа. Правильное решение для работы с Big Data облегчает работу, предоставляя весь необходимый функционал по сбору разработчику. Могут пригодиться самые разные данные: реального времени, структурированные различным образом, прошедшие первичную обработку.

Хранение данных. Для больших объемов данных в первую очередь требуются большие хранилища. Так же не лишним будет простой интерфейс работы с ним и возможности по взаимодействию с исполняемым кодом. В таких хранилищах могут храниться как исходные собранные данные, так и промежуточные результаты.

Вычисления и анализ результатов. Данные обрабатываются развёрнутыми в облаке программами нужным образом и преобразованными в нужный для последующего использования формат. Далее результаты выполнения алгоритмов сохраняются в хранилище для последующей обработки более высокого уровня или предоставляются для визуализации.

Использование и визуализация результатов обработки. Данные, полученные в предыдущем пункте, уже представляют некую коммерческую ценность. Из них можно делать выводы, продавать, в общем, извлекать выгоду. Конечно, эти результаты неточны и имеют только некую степень достоверности, зависящую от качества анализа. Информация так же зачастую визуализируется и упрощается, ведь человек не способен осознать по-настоящему большие объёмы данных. Для этого используются графики, диаграммы и таблицы, основываясь на которых можно сделать презентацию данных как товара или найти закономерность.

Используя облачные сервисы можно быстро разворачивать приложения, адаптивно менять их мощность и конфигурации, а затем отключать, не тратя деньги на поддержание. В современных реалиях оплачивается не время или домен, а только затраченные сервером ресурсы, что является оптимальным вариантом для обеих сторон. Большие данные можно обработать всеми ресурсами сервера за короткий срок и меньшую стоимость, что и является ключевым моментом в выборе облачных решений. Для сравнения будем использовать наиболее популярных провайдеров решений.

Перейдём к разбору конкретных преимуществ каждого из производителей облачных решений. Будем рассматривать по следующим пунктам: возможности по хранению данных, вычислительные мощности, возможности анализа, стоимость, доступность.

Комплекс решений **AWS** имеет сервис Simple Storage Service (S3) для хранения файлов и Amazon Glacier для их архивирования, а также множество более узкоспециализированных сервисов, позволяющих минимизировать расходы на необходимый функционал, оплачивая только его. В этом году AWS анонсировала новую функцию хранилищ данных, Redshift Spectrum, которая позволит заказчикам выполнять запросы к эксабайтным объемам данных.

Вычислительная мощность[4] – основа коммерческого использования Big Data, AWS имеет основную сетевую службу на основе Elastic Compute Cloud (EC2) и решение AWS Lambda для запуска программных файлов в облаке. В EC2 интегрированы такие

подсервисы, как AWS Cloud Watch, Amazon EC2 Container Service, AWS Auto Scaling и многие другие полезные инструменты.

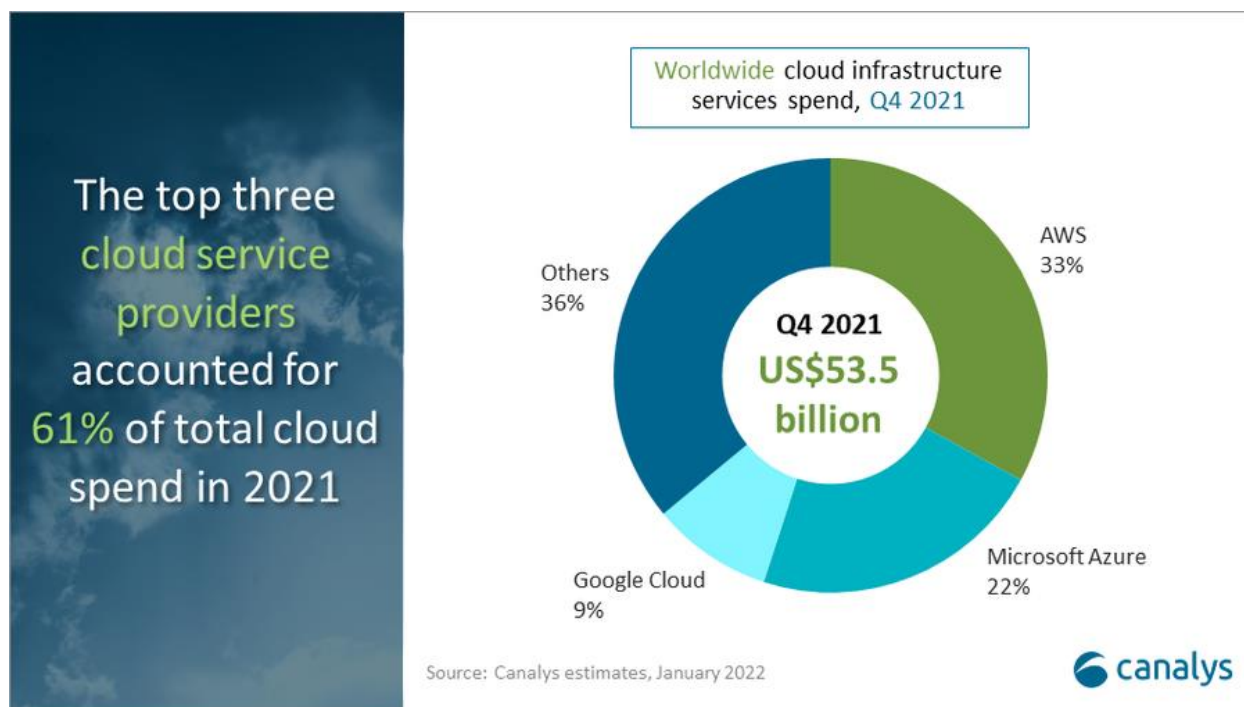


Рисунок 1. Расходы на услуги облачной инфраструктуры в четвертом квартале 2021

В практически каждое крупное решение встроены свои инструменты анализа. Они используют передовые технологии: искусственный интеллект[5] (ИИ), машинное обучение (ML), высокопроизводительные вычисления (HPC) и приложения для обработки мультимедиа для всех облачных данных. AWS недавно открыла к использованию прорывной аналитический сервис Quick Sight. Он включает в себя готовые шаблоны, а сама услуга значительно дешевле по сравнению с классическими решениями BI.

Имеется 3 варианта стоимости услуг: оплата используемых ресурсов, пробная версия до 3 лет, уменьшение стоимости с увеличением нагрузки. Оплата в каждом случае почасовая.

Сервера AWS расположены практически по всему миру, что минимизирует задержку до них.

В общем, AWS не зря является лидером рынка, его возможности очень велики, что, впрочем, повышает входной порог сервисов, ведь взаимодействие большого количества сервисов может вызвать множество проблем у начинающего пользователя.

Microsoft Azure имеет свои хранилища, обладающие высокой надёжностью, а так же активно разрабатывает возможности резервного копирования и восстановления файлов, создание бэкапов. Сервис StorSimple, используется в качестве гибридного сервиса хранения для корпоративных клиентов, значительно повысил эффективность компании.

В плане вычислительных мощностей, Azure основывается на работе множества виртуальных машин с загруженными программами (Virtual Machine Scale Sets) в качестве центра обработки данных.

Аналитические инструменты менее разнообразны чем у AWS, однако за последнее время компания улучшила свои инструменты аналитики[6] и машинного обучения, а также создала подсистему Data Lake Analytics и представила машинное обучение.

Azure имеет другой подход и к ценообразованию. Оплата ресурсов поминутная, с возможностью скидки в случае больших объёмов.

Особенностью решений от Microsoft является поддержка Linux-систем и общая универсальность. Однако в среднем они менее надёжны и масштабируемы, цена же наибольшая из рассматриваемых компаний.

Google Cloud имеет своё хранилище, имеющее неплохую надёжность и опции по безопасности использования.

Для вычислений Google Cloud Platform использует свой собственный сервис Compute Engine для исполнения программ и анализа. Он поддерживает большую часть основных инструментов облачной платформы. Так же имеется сервис Cloud Dataproc для работы с Hadoop[7], MapReduce, Spark, Pig и Hive.

В настоящее время доступна специальная область аналитики Big Data. Проекты Cloud Vision API, Cloud Speech API и Google Translate API могут быть интегрированы в сторонние ресурсы. В инструменты аналитики интегрированы результаты собственных исследований Google в области машинного обучения.

GCP монетизирует свои ресурсы по тем же принципам, что и Azure, но за исключением того, что итоговая стоимость округляется каждые 10 минут использования.

Заключение.

Пользование услугами провайдеров облачных решений не ставится под сомнение, слишком простым и мало затратным оно является. Крупные компании имеют наиболее выгодные тарифы использования и счёт объёмов. Выбор состоит из AWS, Microsoft Azure и Amazon Web Services. AWS имеет явное преимущество по покрытию территорий серверами для доступа, охватывает значительную часть от общей доли рынка и является лидером по количеству сервисов. Google Cloud является наиболее доступной платформой по критерию цены. При выборе подходящего поставщика облачных услуг стоит учитывать свои особенные потребности и рабочую нагрузку компании. Microsoft Azure - одна из самых универсальных платформ, так как поддерживается интеграция с ОС Windows, являющейся самой распространённой на данный момент.

Список использованных источников

- [1] Жалейко, Д. А. Применение облачных технологий в дистанционном обучении / Д. А. Жалейко, С. Н. Нестеренков, Д. В. Басак // Качество образовательного процесса: проблемы и пути развития = Quality of the educational process: challenges and ways of development: материалы II Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 30 апреля 2021 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Ю.Е. Кулешов [и др.]. - Минск, 2021. - С. 161-162.
- [2] Мигалевич, С.А. Облачные решения в сфере IT-образования / С.А. Мигалевич, С.Н. Нестеренков, А.Н. Марков // Проблемы повышения эффективности образовательного процесса на базе информационных технологий : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 27 апреля 2018 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Ю.Е. Кулешов [и др.]. - Минск, 2018. - С. 57-59.
- [3] Ваганова О.И., Дворникова Е.И., Кутепов М.М., Лунева Ю.Б., Трутанова А.В. Возможности облачных технологий в электронном обучении // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – № 6-2. – С. 183-187.
- [4] Maryam Farsi, Hosseinian-Far A., Alireza Daneshkhah, Tabassom Sedighi. Strategic Engineering for Cloud Computing and Big Data Analytics // Springer International Publishing. - 2017, - С. 3-27.
- [5] Нестеренков, С.Н. Применение искусственных нейронных сетей в информационной системе учреждения высшего образования / С.Н. Нестеренков, Н.В. Ющенко, А.Д. Радкевич // Актуальные вопросы профессионального образования = Actual issues of professional education : тезисы докладов II Междунар. науч.-практ. конф. (Республика Беларусь, Минск, 11 апреля 2019 г.) / редкол. : С. Н. Анкуда [и др.]. - Минск : БГУИР, 2019. - С. 197-198.
- [6] Нестеренков, С. Н. Модифицированный генетический алгоритм для обучения нейронной сети / С. Н. Нестеренков, К. П. Белов // Информационные технологии и системы 2017 (ИТС 2017) : материалы междунар. науч. конф., Минск, 25 окт. 2017 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л. Ю. Шилин [и др.]. - Минск, 2017. - С. 204-205.
- [7] Ms. D.Prema swarupa rani. "Real-time Big Data Analytics and parallel processing using Hadoop on Remote Sensing data." IOSR Journal of Computer Engineering (IOSR-JCE) 19.4 (2017): 29-32.

USING CLOUD SERVICES FOR SOLVING PROBLEMS RELATED TO THE APPLICATION OF BIG DATA TECHNOLOGY

M.I. ADZINCHANKA
*Student of Belarusian State
University of Informatics and
Radioelectronics*

S.N. NESTERENKOV,
*PhD Associate professor of department of the software
of information technologies*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Faculty of Computer Systems and Networks,
Department of Information Technology Software, Republic of Belarus
E-mail: s.nesterenkov@bsuir.by*

Abstract. The purpose of the work was to analyze the capabilities and relevance of the most popular cloud computing solutions, to describe their advantages and disadvantages. The most popular services were identified, the reasons for their use for processing large amounts of information, conclusions were drawn about the effectiveness of the use.

Keywords: Big Data, cloud service, data analysis, AWS, Azure, Google Cloud.

УДК 519.234

ПРИМЕНЕНИЕ СКОРИНГОВЫХ МОДЕЛЕЙ ВЫЖИВАЕМОСТИ К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ДОХОДНОСТИ БАНКОВ В ОБЛАСТИ АВТОМОБИЛЬНОГО КРЕДИТОВАНИЯ



М. М. Васьковский
заведующий кафедрой высшей математики в Белорусском государственном университете;
старший статистический аналитик в HiQo Solutions Ltd;
доктор физико-математических наук.



А. В. Кулешова
статистический аналитик в HiQo Solutions Ltd

Кафедра высшей математики

Белорусский государственный университет, Республика Беларусь

HiQo Solutions, Ltd, USA

E-mail: vaskovskii@bsu.by, alina.kuleshova@hiqo-solutions.com

M. Vaskouski

Заведующий кафедрой высшей математики в Белорусском государственном университете; старший статистический аналитик в HiQo Solutions Ltd. Эксперт в теории стохастических дифференциальных уравнений и их приложений в финансовой математике. Доктор физико-математических наук.

A. Kuleshova

Статистический аналитик в HiQo Solutions Ltd. Эксперт в области разработки наукоёмкого программного обеспечения для анализа финансовых и экономических процессов.

Аннотация. В работе рассматривается применение дискретных моделей выживаемости (DTSM) для моделирования доходности на примере автомобильных кредитов США. В основе рассматриваемой модели лежат Age-Period-Cohort декомпозиции условных вероятностей, определяющих текущее состояние кредитного аккаунта. Важную роль при построении модели играет экономическое моделирование на основе использования реальных экономических данных по ключевых макроэкономическим факторам. Предлагаемый подход учитывает также индивидуальные характеристики кредитных аккаунтов посредством построения скоринговых моделей для условных вероятностей состояний кредитных аккаунтов.

Ключевые слова: кредитные потери, доходность, стохастические дифференциальные уравнения, регрессионные модели.

Введение

Скоринговые модели выживаемости (Discrete Time Survival Models) успешно применяются к анализу и прогнозированию кредитных потерь банков [1, 2]. Важнейшее преимущество моделей DTSM заключается в том, что эти модели позволяют проводить анализ на уровне отдельных категорий аккаунтов (например, аккаунтов, открытых в определенный период времени, или имеющих высокие риски). В настоящей работе предлагается приложение моделей DTSM к прогнозированию доходности банков. В настоящей статье мы рассматриваем кредиты на автомобили. Однако предлагаемые методы

с незначительными модификациями работают и для других типов кредитов (ипотечные, потребительские и пр.).

В статье приводится детальное описание модели DTSM, формулы для вычисления доходности на основе модели DTSM, а также обсуждаются методы валидации результатов моделирования. Приводятся практические результаты, полученные в процессе моделирования. Для моделирования и прогнозов использовались достаточно большие выборки автомобильных кредитных займов США.

Основные результаты

В основе моделей DTSM лежат Age-Period-Cohort декомпозиции (далее APC-декомпозиции) для уровней дефолта и погашения займов

$$PD(a, t) = \frac{N_{def}(a, t)}{N_{act}(a, t - 1)},$$

$$PA(a, t) = \frac{N_{attr}(a, t)}{N_{act}(a, t - 1)},$$

где N_{def} , N_{act} , N_{attr} – числа дефолтных, активных и закрытых аккаунтов, a – возраст кредитного займа (в месяцах), t – текущая дата наблюдения.

Компоненты APC-декомпозиции находятся с помощью следующей биномиальной регрессионной модели:

$$\text{logit}(PD(a, t)) = F(a) + H(t) + G(v) + \varepsilon(a, t),$$

где $\text{logit}(p) = \log\left(\frac{p}{1-p}\right)$ – обратная к логистической функции $g(z) = \frac{1}{1+e^{-z}}$, $z \in R$, функция $F(a)$ является жизненным циклом займа, $H(t)$ – макроэкономическая составляющая (далее функция энвайронмента), а функция $G(v)$ отражает влияние неэкономических факторов (далее функция кредитного риска), v – дата открытия займа, $\varepsilon(a, t)$ – ошибка.

В силу линейной зависимости аргументов a , v , t метод наименьших квадратов оказывается неприменимым, поэтому для поиска декомпозиций применяют методы регуляризации или байесовские методы на основе симуляции случайных блужданий цепей Маркова [3]. А для решения проблемы однозначной идентификации функций $F(a)$, $H(t)$, $G(v)$ предполагают, что функция кредитного риска $G(v)$ не содержит линейного тренда, а энвайронмент $H(t)$ не содержит линейного тренда и имеет нулевое среднее.

Аналогичная модель строится для нахождения APC-декомпозиций переменной PA .

Модели строились на данных, содержащих полный жизненный цикл. Таким образом, для построения прогнозов нет необходимости экстраполировать функции жизненного цикла для переменных PD , PA .

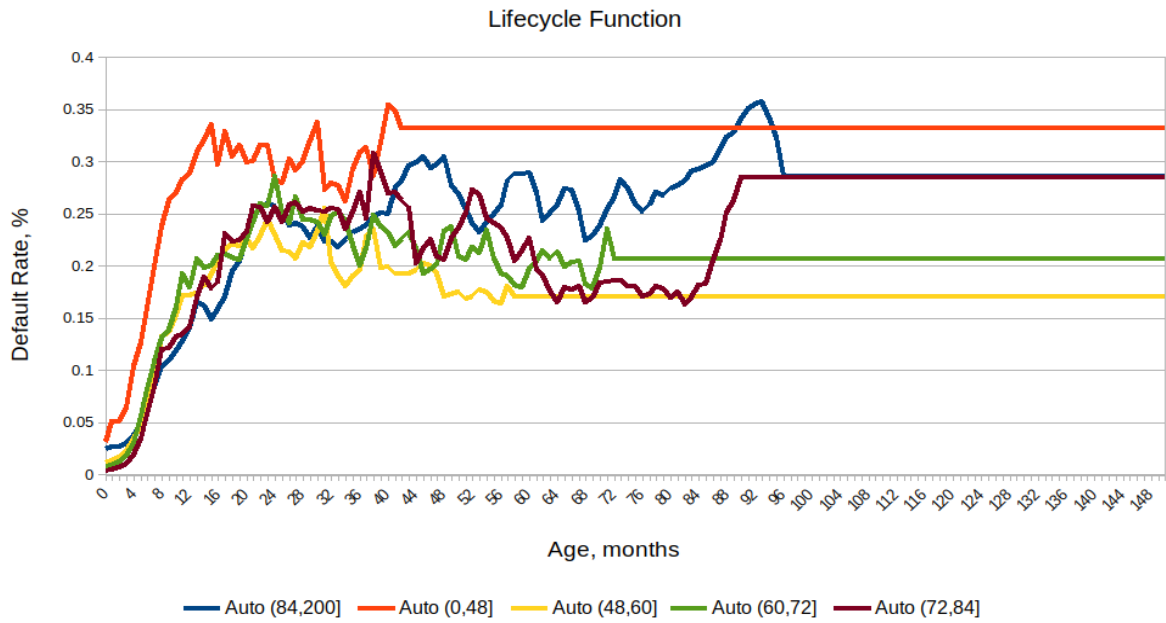


Рисунок 1. Жизненные циклы PD, сегментированные по сроку выдачи займа

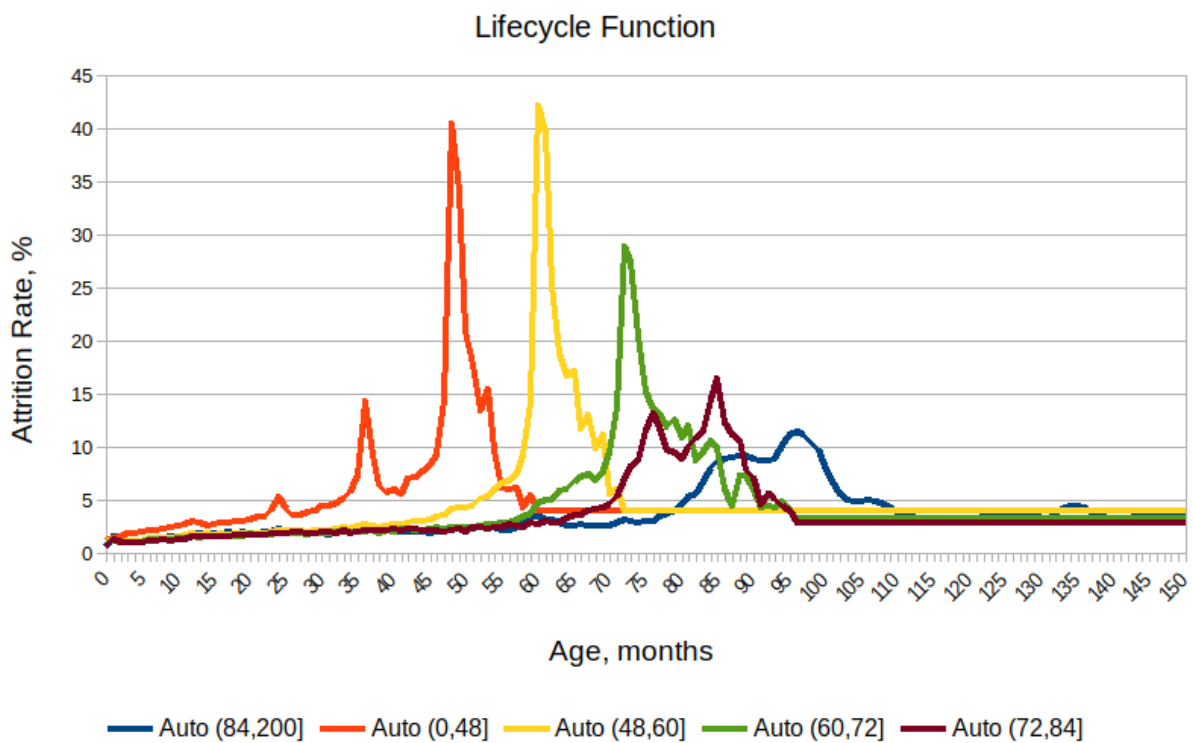


Рисунок 2. Жизненные циклы PA, сегментированные по сроку выдачи займа

Одна из наиболее сложных проблем заключается в нахождении реалистичных экстраполяций функции энвайронмента $H(t)$.

На основе гауссовской регрессии строится экономическая модель для функции энвайронмента $H(t)$:

$$H(t) = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i f_i(t) + \varepsilon(t),$$

где $f_i(t)$ ($i = 1, \dots, n$) – некоторый набор макроэкономических факторов, β_i – искомые коэффициенты, $\varepsilon(t)$ – ошибка.

Следующие наблюдения имеют важное значение при построении экономических моделей: 1) динамика изменения экономических показателей существенно их абсолютных значений, поэтому вместо исходных макроэкономических факторов используются дискретные аналоги производной (Diff) и логарифмической производной (LogRatio); 2) показатели кредитных рисков определяются состоянием экономики с учетом некоторого запаздывания.

Для PD получается следующий результат

Таблица 1. Лучшее приближение для PD

Переменная	Преобразование,	Оптимальное значение lag	Оптимальное значение win	Коэффициент,
House Price Index	LogRatio	9	18	-1.31
Real DPI	LogRatio	0	12	-7.13
Real GDP	LogRatio	0	12	-7.92

Проверялись комбинации от 1 до 3 макроэкономических факторов и преобразований из следующего списка: Real GDP (LogRatio), Real DPI (LogRatio), Unemployment rate (Diff, LogRatio), House Price Index (LogRatio), 5-year Treasury yield (Diff), 10-year Treasury yield (Diff), BBB corporate yield (Diff), Commercial Real Estate Price Index (LogRatio), CPI inflation rate (Diff), Market Volatility Index (LogRatio), Dow Jones Total Stock Market Index (LogRatio). При этом тестировались значения запаздывания от 0 до 12 и ширина окна от 1 до 24.

Макроэкономические данные США являются общедоступными [4].

Для нахождения экстраполяций экономического приближения $\hat{H}(t)$ энвайронмента $H(t)$ общепринятым является следующий метод. Используя ежегодный краткосрочный прогноз по макроэкономическим показателям, выпускаемый Федеральной Резервной Системой США [5], осуществляется экстраполяция функции $\hat{H}(t)$ на двухлетний период, начиная с момента t_0 , используя известные коэффициенты β_i . Для получения дальнейшей экстраполяции на период существования аккаунтов, активных на момент t_0 , используется идея возврата к среднему на основе модели Васичека: искомая экстраполяция функции $\hat{H}(t)$ задается на основе одномерного уравнения Орнштейна-Уленбека [6, 7]

$$dx(t) = \theta(\mu - x(t))dt + \sigma dW(t), \quad (1)$$

где μ – долгосрочное среднее, $\theta > 0$ – параметр, характеризующий скорость возврата к среднему значению, $\sigma > 0$ – параметр волатильности, $W(t)$ – винеровский процесс.

Решение уравнения (1) с начальным условием $x(\tau) = x_0$ задается соотношением

$$x(t) = x_0 e^{-\theta(t-\tau)} + \mu(1 - e^{-\theta(t-\tau)}) + \sigma \int_{\tau}^t e^{-\theta(t-s)} dW(s),$$

а в качестве экстраполирующей кривой выбирается математическое ожидание решения

$$E(x(t)) = x_0 e^{-\theta(t-\tau)} + \mu(1 - e^{-\theta(t-\tau)}),$$

где $\tau = t_0 + 24$ – момент начала долгосрочной экстраполяции.

На следующем этапе мы строим скоринговые модели. Для каждого значения горизонта прогноза $h = 1, 2, \dots$ построим следующую биномиальную логистическую регрессионную модель

$$1_{def,i}(t) = g(F(a_i) + \hat{H}(t) + X_i(t-h)B(h) + \varepsilon_i(t,h)),$$

где $1_{def,i}(t)$ – индикаторная функция состояния дефолта займа с номером i в момент времени t , a_i – возраст займа i в момент времени t , $X_i(t-h)$ – матрица значений скоринговых факторов займа i в момент времени $t-h$, $B(h)$ – вектор коэффициентов скоринговой модели, $\varepsilon_i(t,h)$ – ошибка.

На практике скоринговые модели строят для значений h от 1 до 12 (так называемые поведенческие скоринговые модели), поскольку матрица $B(h)$ близка к стационарной матрице для достаточно больших h . Кроме того, дополнительно строится аналогичная скоринговая модель, в которую входят лишь скоринговые факторы, не изменяющиеся со временем (так называемая скоринговая модель происхождения).

Аналогично строятся скоринговые модели для погашенных займов.

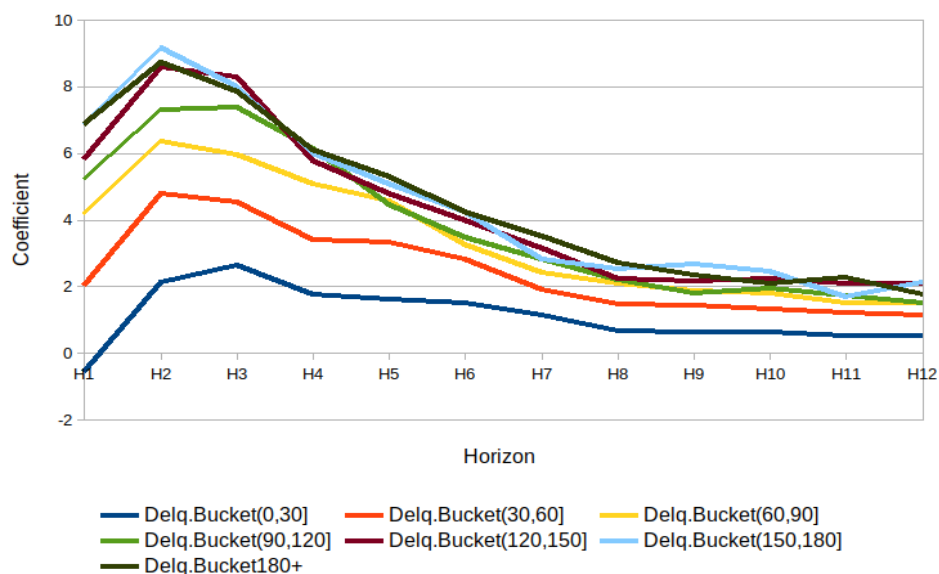


Рисунок 4. Регрессионные коэффициенты текущей задержки платежа по займу

Опишем процедуру нахождения прогноза для вероятностей статусов займов и ожидаемых значений баланса. Через $Default(h)$, $Attrition(h)$, $Active(h)$ обозначаем вероятности того, что кредитный займ находится в статусе «дефолт», «выплаченный», «активный» соответственно. Для каждого значения $h = 1, 2, \dots$ используем рекуррентные формулы:

$$Default(h) = PD(h) * Active(h - 1),$$

$$Attrition(h) = PA(h) * Active(h - 1),$$

$$Active(h) = Active(h - 1) - Default(h) - Attrition(h),$$

$$Out. Bal(h) = Out. Bal(h - 1) - Scheduled. Principal. Payment(h),$$

где $PD(h)$ есть результат применения поведенческой скоринговой модели с горизонтом $\{h, 12\}$, если возраст займа на начало прогноза составляет не менее 6 месяцев, и результат применения скоринговой модели происхождения, если возраст займа на начало прогноза составляет менее 6 месяцев; $PA(h)$ определяется аналогичным образом из скоринговых моделей для погашенных займов; $Scheduled. Principal. Payment(h)$ – предписанный основной платеж по займу на момент времени $t = t_0 + h$, где t_0 – календарная дата, предшествующая дате начала прогноза, $Out. Bal(h)$ – ожидаемое значение невыплаченного баланса по займу на момент времени $t = t_0 + h$.

Для определения доходности по займу нам понадобятся следующие характеристики: $Open. Balance$ – величина займа, APR – годовая процентная ставка на дату открытия займа, LTV – доля стоимости автомобиля, покрываемая займом, LGD – доля дефолтного баланса, неподлежащая возврату, $Cost. Funds$ – стоимость фондов, $Mgmt. Expences$ – расходы на управление, $Depr. Rate$ – процент амортизации, $NewCar. Depr. Rate$ – корректирующий коэффициент амортизации для новых автомобилей.

Процент доходности займа на горизонт h определяется по формуле

$$Yield(h) = \frac{Interest. Payment(h) - Losses(h) - Expences(h)}{Open. Balance},$$

где $Interest. Payment(h)$ – ожидаемый платеж по процентам, вычисляемый по формуле

$$Interest. Payment(h) = Active(h) * Out. Bal(h - 1) * APR/12,$$

$Expences(h)$ – месячные затраты на содержание кредита, оцениваемые по формуле

$$Expences(h) = Active(h) * Out. Bal(h - 1) * Cost. Funds/12 + \\ + Active(h) * Open. Balance * Mgmt. Expences/12,$$

$Losses(h)$ – ожидаемые потери по кредиту вследствие дефолта, определяемые соотношением

$$Losses(h) = LGD * Default(h) * (Out. Bal(h - 2) - Collateral. Val(h)),$$

$Collateral. Val(h)$ – стоимость обеспечения, вычисляемая по формуле

$$Collateral. Val(h) = \frac{Open. Balance * (1 - Depr. Rate)^{t_0+h-v} * (1 - NewCar. Depr. Rate)}{LTV},$$

v – дата открытия займа.

Исторические значения доходности *Historical.Yield* вычисляются по тем же формулам.

Процент доходности займа за весь период жизни определяется по следующей формуле

$$Yield = Historical.Yield + \sum_h Yield(h).$$

Отметим, что все вычисления производятся на уровне индивидуальных кредитных займов, а величины *LGD*, *Cost.Funds*, *Mgmt.Expences*, *Depr.Rate*, *NewCar.Depr.Rate* являются средними по индустрии. Индикатором окончания вычислений для определенного займа является окончание срока выдачи кредита или зануление невыплаченного баланса.

Для валидации построенных экономических и скоринговых моделей проводились тесты статистической значимости коэффициентов, корректность знаков коэффициентов относительно соответствующих однофакторных моделей.

Для оценки качества построенной модели доходности был проведен “sensitivity” тест.

В рамках “sensitivity” теста строился прогноз доходности для базового (Base) и неблагоприятного (Severe) экономических сценариев. Результаты представлены на графике.

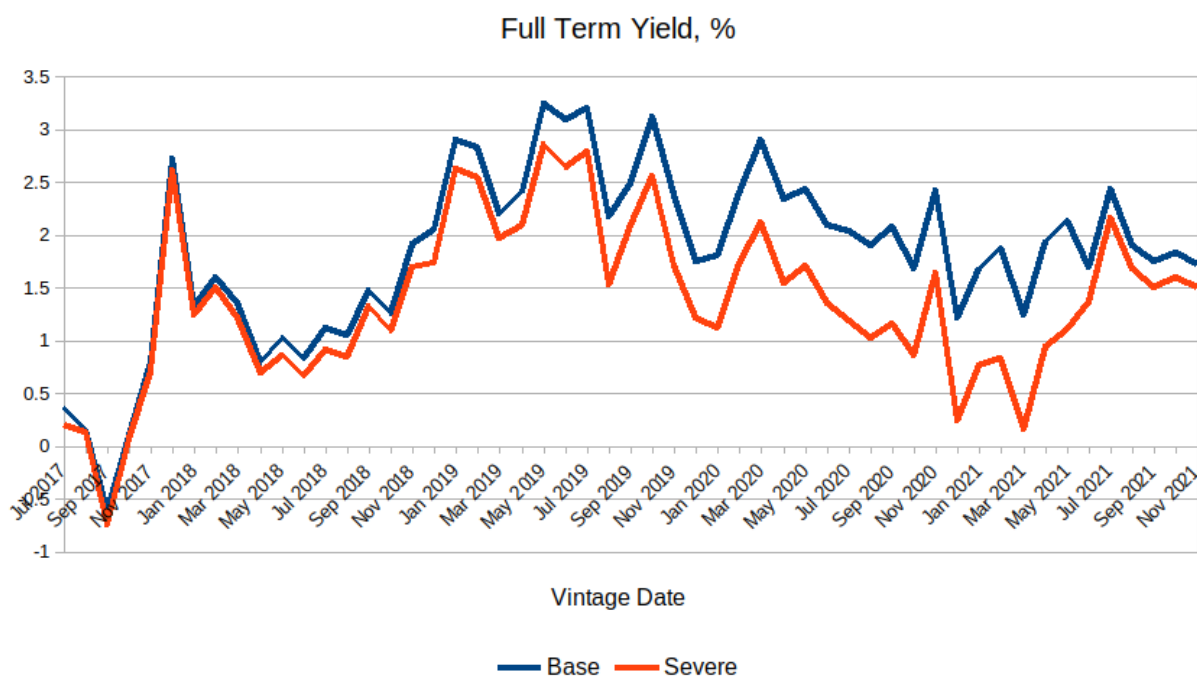


Рисунок 5. Прогноз доходности для для базового (Base) и неблагоприятного (Severe) экономических сценариев, сегментированный по дате выдачи займа

Список использованных источников

- [1] Breeden, J.L. Living with CECL: Mortgage Modeling Alternatives. – Prescient Models LLC, 2018. – 203 с.
- [2] Breeden, J.L. Current expected credit loss procyclicality: it depends on the model / J.L. Breeden, M. Vaskouski // Journal of Credit Risk. — 2020. — Vol. 16, № 1. — P. 27–48.
- [3] Schmid, V.J., Held, L. Bayesian age-period-cohort modeling and prediction – BAMP // Journal of Statistical Software. 2007. – Vol. 21, №8 – P. 1-15.
- [4] Источник баз данных с макроэкономическими факторами за последние 30 лет [1]. [Электр. ресурс]: - <https://fred.stlouisfed.org/>

[5] Источник баз данных с макроэкономическими сценариями [1]. [Электр. ресурс]: - <https://www.federalreserve.gov/newsevents/pressreleases/files/bcreg20220210a1.pdf>

[6] Леваков, А.А., Васильковский, М.М. Стохастические дифференциальные уравнения и включения. – Минск: БГУ, 2019. – 495 с.

[7] Оксендаль, Б. Стохастические дифференциальные уравнения. Введение в теорию и приложения: Пер. с англ. – М.: Мир, ООО «Издательство АСТ», 2003. – 408 с.

APPLICATION OF DISCRETE TIME SURVIVAL MODELS TO YIELD MODELING FOR AUTO CREDIT LOANS

M. VASKOUSKI

Head of the Department of Higher Mathematics at the Belarusian State University; senior statistical analyst at HiQo Solutions Ltd; Doctor of Science in Physics and Mathematics.

A. KULESHOVA

Statistical analyst at HiQo Solutions Ltd

*Department of Higher Mathematics
Belarusian State University, Republic of Belarus
HiQo Solutions, Ltd, USA
E-mail: vaskovskii@bsu.by, alina.kuleshova@hiqo-solutions.com*

M. Vaskouski

Head of the Department of Higher Mathematics at the Belarusian State University, senior statistical analyst at HiQo Solutions Ltd; Doctor of Science in Physics and Mathematics. Expert in theory of stochastic differential equations and its applications in financial mathematics.

A. Kuleshova

Statistical analyst at HiQo Solutions Ltd. Expert in development of knowledge-intensive software for analysis of financial and economics processes

Abstract. We consider an application of discrete time survival models (DTSM) to yield modeling for auto credit loans. The core of the model are the Age-Period-Cohort decompositions of the conditional probabilities of the accounts statuses. Economic modeling based on using of the real macroeconomic factors plays a significant role. The described approach takes into account individual account characteristics, which are involved into score models for the conditional probabilities of the accounts statuses.

Keywords: credit losses, yield, stochastic differential equations, regression models.

УДК 159.9.072+159.9.078+612.821

АНАЛИЗ РАЗЛИЧИЙ МЕЖДУ ГРУППАМИ МАШИНИСТОВ ЛОКОМОТИВНЫХ БРИГАД ПО ПРОФЕССИОНАЛЬНО ВАЖНЫМ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИМ И ЛИЧНОСТНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ



Н. В. Щербина

старший преподаватель кафедры инженерной психологии и эргономики УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», магистр технических наук

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

E-mail: shcherbina@bsuir.by

Н. В. Щербина

Старший преподаватель кафедры инженерной психологии и эргономики УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», магистр технических наук, «исследователь» в области технических наук. Проводит научные исследования в областях промышленной безопасности, эргономики, психологии и безопасности труда.

Аннотация: Проведен анализ различий по психофизиологическим характеристикам между тремя группами машинистов и помощников машинистов локомотивных бригад Белорусской железной дороги с разной степенью способности к произвольной регуляции своего функционального состояния. В качестве диагностических инструментов использовались метод функционального биоуправления с биологической обратной связью (АПК NeuroDog, ЗАО «Нейроком», Российская Федерация) и данные психофизиологического обследования с использованием комплекса УПДК-МК для профессионального психофизиологического обследования и отбора работников железнодорожного транспорта (ЗАО «Нейроком», Российская Федерация).

Ключевые слова: биологическая обратная связь, электродермальная активность кожи, саморегуляция, выработка навыка релаксации, функциональное состояние, профессионально важные качества.

Введение.

Актуальность работы обусловлена важностью и актуальностью процесса расслабления как одного из условий качественного межрейсового отдыха машинистов и помощников машинистов локомотивных бригад (далее – машинистов), сохранения здоровья, охраны труда и поддержания «качественной» работоспособности машинистов на протяжении длительного времени. Проводится исследование по успешной выработке навыка релаксации у машинистов Белорусской железной дороги Республики Беларусь с использованием биологической обратной связи на основе электродермальной активности кожи. Выбранный метод адаптивного биологического управления с обратной связью является одним из совершенных приемов регуляции функционального состояния [1, 2]. Преимуществом является неинвазивность метода, отсутствие противопоказаний, индивидуальность и активное участие человека в оптимизации собственного функционального состояния. По результатам первой части исследования испытуемые были разделены на три группы, характеризующие степень успешной выработки навыка

релаксации: первая группа – успешные, вторая группа – менее успешные, третья группа – неуспешные [3]. В результате факторного анализа показано тринадцать факторов [4], которые отражают структуру успешной выработки навыка релаксации. Факторы представлены как психофизиологическими, так и личностными профессионально важными качествами машинистов и помощников машинистов локомотивных бригад.

Цель работы – оценить различие по психофизиологическим и личностным показателям между тремя группами машинистов.

Материалы и методы.

В качестве диагностических инструментов использовались метод функционального биоуправления с биологической обратной связью (АПК NeuroDog, ЗАО «Нейроком», Российская Федерация) и данные психофизиологического обследования с использованием комплекса УПДК-МК для профессионального психофизиологического обследования и отбора работников железнодорожного транспорта (ЗАО «Нейроком», Российская Федерация).

Результаты.

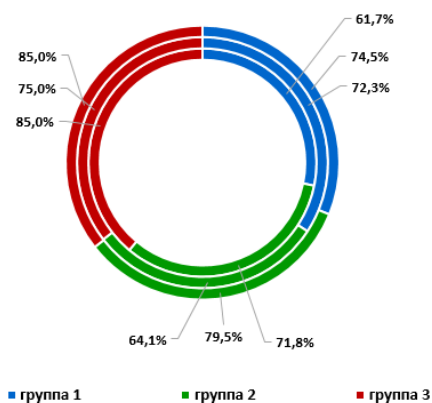
Методика оценки бдительности. Тест имеет прогностическое значение для оценки способности сохранять на достаточном уровне бдительность (не пропускать значимые сигналы) и экстренно реагировать при чередовании во время движения монотонных и оживленных участков пути.

При выполнении задания машинисту допускается совершить не более 6 неправильных нажатий; не более 4 пропусков сигналов с предупреждением; не более 3 пропусков сигналов без предупреждения. Среднее арифметическое значение времени реакции на сигналы без предупреждения не должно превышать 800 мс; допустимый уровень бдительности составляет не более 180 с. Бдительность рассчитывается как разность средних арифметических значений времени реакций на сигналы без предупреждений и с предупреждениями. Отметим, что в целом вся выборка испытуемых успешно справилась с выполнением заданий данной методики. Более 69,8 % всех испытуемых безошибочно выполнили задание, своевременно отреагировали на сигналы с предупреждением и без предупреждения (таблица 1). Подробная статистика по допущенным ошибкам в группах приведена на рисунке 1. Уровень бдительности у всех участников находится в пределах допустимого (не более 180 мс). При этом испытуемые первой группы быстрее реагируют на сигналы без предупреждения и с предупреждением в отличие от испытуемых второй и третьей групп.

Таблица 1. Статистика выполненных заданий без совершения ошибок

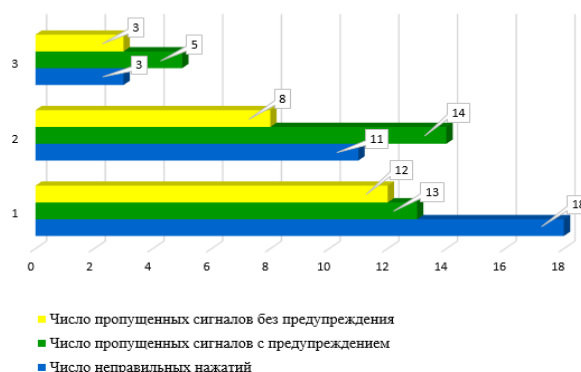
Параметр	Процент от общего количества испытуемых в выборке			Всего по выборке
	1	2	3	
Задания, выполненные без совершения ошибок				
Объем правильных нажатий	61,7%	71,8%	85,0%	69,8%
Объем не пропущенных сигналов с предупреждением	72,3%	64,1%	75,0%	69,8%
Объем не пропущенных сигналов без предупреждения	74,5%	79,5%	85,0%	78,3%
Задания, выполненные с совершением ошибок				
Объем неправильных нажатий	38,3%	28,2%	15,0%	30,2%
Объем пропущенных сигналов с предупреждением	27,7%	35,9%	25,0%	30,2%
Объем пропущенных сигналов без предупреждения	25,5%	20,5%	15,0%	21,7%

Статистика безошибочно выполненных заданий в группах



а)

Статистика неправильных нажатий и пропущенных сигналов в группах, чел



б)

Рисунок 1. Диаграмма статистических данных по результатам выполнения заданий на оценку бдительности: а) статистика: внутренний круг – объем правильных нажатий; средний круг – объем правильных нажатий с предупреждением; внешний круг – объем правильных нажатий без предупреждения; б) статистика по пропущенным и ошибочным сигналам

Оценка переключения внимания и эмоциональной устойчивости (помехоустойчивости). Данная методика позволяет оценить скорость переключения внимания с одного объекта на другой и обратно, удерживая информацию о состоянии предыдущего объекта внимания. В методике используют красно-черные таблицы Горбова-Шульте; 25 черных и 25 красных чисел. В первом задании испытуемому нужно отыскать все черные числа в порядке возрастания. Допустимое время выполнения первого задания – не более 90 с. Допускается использовать две попытки (при условии замены таблицы), если время выполнения первого задания при повторном выполнении более 90 с, то данные считаются неудовлетворительными. Во втором задании необходимо отыскать все красные числа в порядке убывания. Допустимое время выполнения второго задания – не более 90 с. Также допускается использовать две попытки (при условии замены таблицы), если время выполнения второго задания при повторном выполнении более 90 с, то данные считаются неудовлетворительными. Для машинистов и помощников машинистов локомотивных бригад суммарное время выполнения первого и второго задания не должно превышать 150 с, в противном случае данные считаются неудовлетворительными. В третьем задании нужно попеременно отыскать черные (в порядке возрастания) и красные (в порядке убывания) числа. Допустимое время выполнения третьего задания – не более 280 с. Также допускается использовать две попытки (при условии замены таблицы), если время выполнения второго задания при повторном выполнении более 280 с и/или не доведено до конца, выполнено с грубыми ошибками (смена направления одного ряда, обоих рядов, смена цвета ряда, не исправленные испытуемым до конца выполнения задания), то данные считаются неудовлетворительными. Четвертое задание направлено на оценку помехоустойчивости. Данное задание повторяет требования к третьему заданию и сопровождается сбивающими звуковыми помехами. Задача испытуемого – не отвлекаться на помехи, не останавливаться, продолжать работу и довести задание до конца. Допустимое время выполнения четвертого задания – не более 380 с, в противном случае данные считаются неудовлетворительными.

Максимально допустимое количество других ошибок при выполнении всех трех заданий (пропуск очередного числа, повторное нажатие, возврат к предыдущим числам, несоблюдение порядка чередования цвета) – 7.

Индивидуальный показатель скорости переключения внимания оценивается по соотношению между фактическим и нормативным показателями и не должен его превышать. Нормативный показатель скорости переключения внимания для машинистов и помощников машинистов локомотивных бригад составляет 130 с.

Показатель эмоциональной устойчивости (помехоустойчивости) рассчитывается как разница во времени, затраченном на выполнение задания с помехами (задание № 4) и без помех (задание № 3). Индивидуальный показатель скорости помехоустойчивости для машинистов и помощников машинистов локомотивных бригад не должен превышать нормативный показатель помехоустойчивости – 100 с. При превышении нормативного значения данные считаются неудовлетворительными.

Максимально допустимое количество других ошибок при выполнении четвертого задания (пропуск очередного числа, повторное нажатие, возврат к предыдущим числам, несоблюдение порядка чередования цвета) – 7.

На рисунках 2-3 представлены диаграммы статистики параметров оценки переключения внимания. Значения параметров методик оценки переключения внимания и эмоциональной устойчивости (помехоустойчивости) находятся в пределах нормативных значений. Однако можно отметить незначительное отличие испытуемых первой группы от второй и третьей при выполнении заданий методики – оценка переключения внимания. Испытуемые первой группы быстрее выполнили первое задание: на 4,6 с быстрее, чем испытуемые второй группы и на 2,81 с быстрее, чем испытуемые третьей группы (рисунок 2). Время выполнения второго задания испытуемыми первой группы также лучше по сравнению с данными времени выполнения задания второй и третьей групп. Разница во времени – на 2,48 с быстрее, чем испытуемые второй группы и на 2,53 с быстрее, чем испытуемые третьей группы.



Рисунок 2. Диаграмма статистических данных параметров оценки переключения внимания

При максимально допустимом значении количества ошибок – 7, некоторые испытуемые выборки допустили максимум по 3 ошибки. При этом 83,96 % испытуемых всей выборки выполнили задания № 1-3 без ошибок, результаты статистик приведены в

таблице 2 и на рисунке 3а. При максимально допустимом значении количества ошибок – 7, некоторые испытуемые выборки допустили максимум по 4 ошибки. При этом большая часть испытуемых 86,79 % всей выборки выполнили задание № 4 без ошибок, результаты статистик и процент безошибочного выполнения задания по группам приведены на рис. 3а. Подробная статистика ошибок, допущенных при выполнении заданий методики – переключение внимания приведена в таблице 2 и на рисунке 3б.

Таблица 2. Статистики совершенных ошибок при оценке переключения внимания

Количество ошибок	Кол-во испытуемых по выборке / процент от общего кол-ва испытуемых в выборке							
	группа 1		группа 2		группа 3		вся выборка	
	47 чел	100%	39 чел	100%	20 чел	100%	106 чел	100%
без ошибок	40	85,11	34	87,18	15	75	89	83,96
1 ошибка	3	6,38	2	5,13	2	10	7	6,6
2 ошибки	3	6,38	3	7,69	1	5	7	6,6

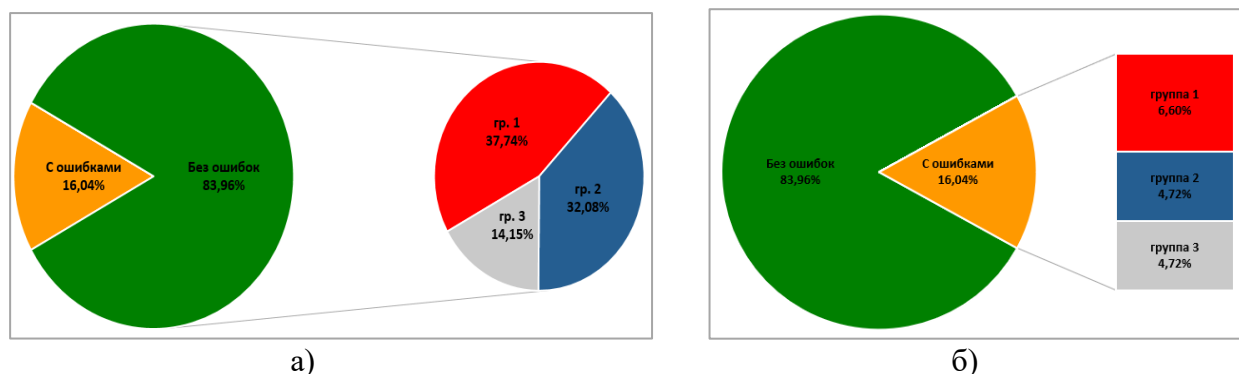


Рисунок 3. Диаграмма статистик выполнения заданий методики – оценка переключения внимания: а) без ошибок и б) с ошибками

Анализируя результаты испытуемых после проведения методики – эмоциональная устойчивость (помехоустойчивость) (рисунок 4) отметим тот факт, что испытуемые первой группы быстрее выполнили четвертое задание: на 22,86 с быстрее, чем испытуемые второй группы и на 16,17 с быстрее, чем испытуемые третьей группы.

Корректирующая проба. Данная методика предназначена для оценки концентрации и устойчивости внимания испытуемого. Тест имеет прогностическое значение для оценки способности испытуемого концентрировать и удерживать свое внимание на основной задаче деятельности. Испытуемый получает бланк с различными буквами и ему предлагается вычеркнуть в каждой строчке все встречающиеся буквы, которые стоят первыми в данной строке. Через минуту подается команда отметить чертой просмотренные знаки. Продолжительность теста 5 минут. Объем внимания оценивается по количеству просмотренных букв, концентрация – по количеству сделанных ошибок. Норма объема внимания – 850 знаков и выше, концентрация внимания – 5 ошибок и менее.

По средним значениям концентрация внимания находится в пределах нормы, но при более детальном рассмотрении групп отметим следующие наблюдения: 18,87 % испытуемых всей выборки справились с заданием не допустив ошибок. Эта часть испытуемых способна концентрировать и удерживать свое внимание на основной задаче. В эти 18,87 % вошли 29,79 % испытуемых первой группы и 15,38 % испытуемых второй группы (рисунок 5а). Согласно данной методике при выполнении которой допускается совершить 5 ошибок включительно (в зависимости от тяжести ошибки минусуется

количество отмеченных знаков при выполнении корректурной пробы) 75,47 % испытуемых всей выборки допустили до 5 ошибок включительно при выполнении задания оценки объема внимания.

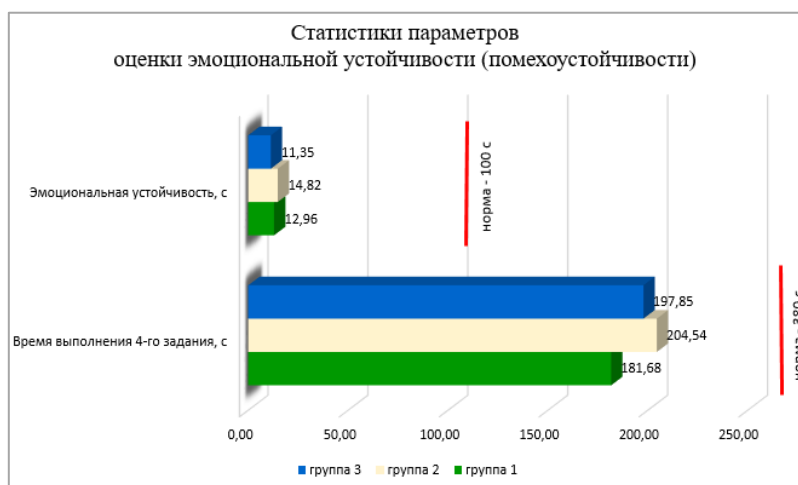


Рисунок 4. Диаграмма статистических данных параметров оценки эмоциональной устойчивости (помехоустойчивости)

Данная часть испытуемых способна концентрировать и удерживать свое внимание на основной задаче, но при этом возможны ошибочные действия. В эти 75,47 % вошли испытуемые следующих групп: 63,83 % – первой группы, 84,62 % – второй группы и 85 % – третьей группы. Кроме этого, отметим, что 5,66 % всех испытуемых допустили более 5 ошибок, что превышает нормативное значение. Процент в группах распределился следующим образом: 6,38 % испытуемых первой группы и 15 % испытуемых в третьей группе.

Объем внимания. Тест предназначен для оценки объема внимания. Тест имеет прогностическое значение для оценки способности машиниста, работая на железнодорожных станциях в условиях большого количества сигналов, выделять из них группы значимых для него сигналов. Для изучения объема внимания использовались карточки: на клетчатом фоне, размером четыре на четыре, определенным образом расположены точки. Задача испытуемого – повторить фигуру. Критерием выполнения служит количество правильно воспроизведенных знаков на двух любых карточках, содержащих максимальных результат испытуемого.

На рисунке 5б приведена диаграмма статистик процентного соотношения в группах количества правильно воспроизведенных по памяти символов. Испытуемые всех групп показали высокие результаты (рисунок 5б), т.е. в условиях большого количества сигналов они способны выделять значимые сигналы.

Анализируя успешность по группам можно отметить следующее (рисунок 5б): максимальное количество правильно воспроизведенных символов по всей выборке составило 17 символов, что почти в два раза превышает установленную норму в 10 символов. Так 47,17 % всех испытуемых воспроизвели 17 символов, из них 46,81 % испытуемых первой группы; 48,72 % испытуемых второй группы и 45 % испытуемых третьей группы. Правильно воспроизведенных 16 символов выполнили 24,53 % всех испытуемых, из них 27,66 % испытуемых первой группы; 20,51 % испытуемых второй группы и 25 % испытуемых третьей группы. Правильно воспроизведенных 15 символов выполнили 13,21 % всех испытуемых, из них 6,38 % испытуемых первой группы; 23,08 %

испытуемых второй группы и 10 % испытуемых третьей группы. Правильно воспроизведенных 14 символов выполнили 11,32 % всех испытуемых, из них 14,89 % испытуемых первой группы; 7,69 % испытуемых второй группы и 10 % испытуемых третьей группы. Правильно воспроизведенных 13 символов выполнили 2,83 % всех испытуемых, из них 4,26 % испытуемых первой группы и 5 % испытуемых третьей группы. И менее 10 символов, что является ниже нормы, правильно воспроизвели лишь 0,94 % всей выборки (1 человек третьей группы).

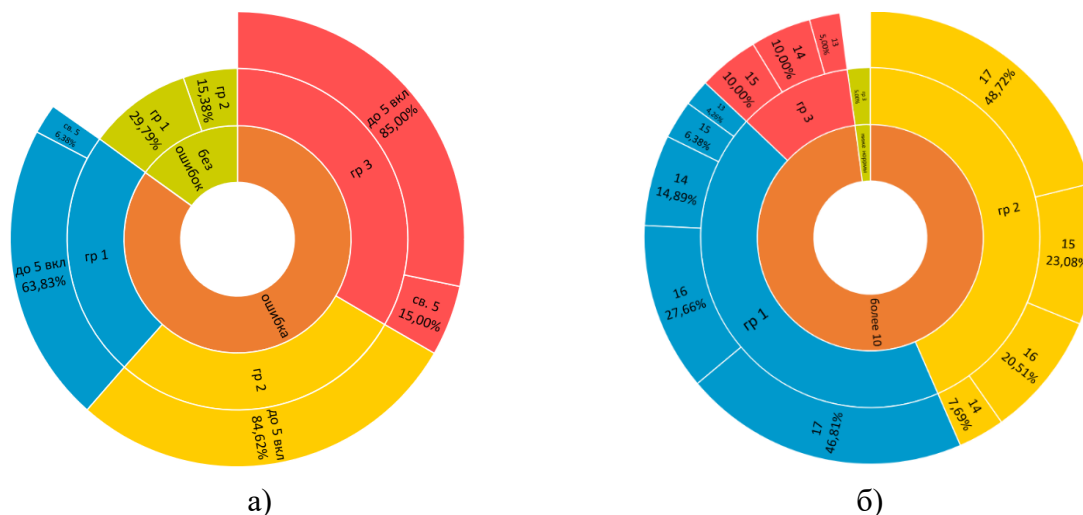


Рисунок 5. Диаграмма статистик: а) количества допущенных ошибок при оценке концентрации внимания (корректирующая проба) и б) количества правильно воспроизведенных символов при оценке объема внимания

Оценка динамического контроля функционального состояния – простая двигательная реакция. Тест предназначен для оценки скорости зрительно-моторной реакции испытуемого на предъявление светового сигнала (скорости процессов возбуждения нервной системы, свойства реактивности). Тест имеет прогностическое значение для оценки способности испытуемого достаточно быстро реагировать на появление значимого сигнала. Граничное значение среднего значения показателя времени простой двигательной реакции составляет 360 мс. Среднее время по группам не превышает 360 мс и составляет $288,49 \div 294,05$ мс. Среднеквадратичное отклонение времени простой двигательной реакции изменяется в пределах $46,05 \div 56,79$ мс.

Оценка динамического контроля функционального состояния – сложная двигательная реакция. Тест предназначен для оценки времени реакции испытуемого в ситуации принятия решения по выбору кнопки реагирования. Тест имеет прогностическое значение для оценки адекватности реагирования испытуемого в ситуации, требующей быстрых и точных действий в меняющейся обстановке. Среднее время по группам составляет $496,19 \div 506,3$ мс. Среднеквадратическое отклонение изменяется в пределах $111,74 \div 123,49$ мс.

Заключение.

1. Уровень бдительность у всех участников трех групп находится в пределах допустимого (не более 180 мс). Лучший показатель бдительности у испытуемых третьей группы ($22,9 \pm 36,29$ мс), далее хороший результат показали испытуемые первой группы ($29,57 \pm 34,17$ мс) и испытуемые второй группы ($38,13 \pm 31,59$ мс). При этом испытуемые первой группы быстрее реагируют на сигналы без предупреждения (при норме 800 мс) ($459,68 \pm 49,24$ мс) и с предупреждением ($430,23 \pm 55,59$ мс) в отличие от испытуемых

второй ($486,10 \pm 66,38$ мс) / ($448,08 \pm 76,19$ мс) и третьей ($483,90 \pm 68,16$ мс) / ($461,00 \pm 79,5$ мс) групп соответственно.

2. Скорость переключения внимания у испытуемых первой группы выше (84 с), чем у испытуемых второй (89,49 с) и третьей (89,4 с) групп при норме 130 с.

3. Эмоциональная устойчивость (при норме 100 с) выше у испытуемых третьей группы ($11,35 \pm 27,07$ с), чем у испытуемых первой ($12,96 \pm 22,65$ с) и второй ($14,82 \pm 26,56$ с) групп.

4. Объем внимания (воспроизведение фигуры по памяти, норма ≥ 10 символов) выше у испытуемых второй группы ($16,1 \pm 1,02$ символа), чем у испытуемых первой ($15,98 \pm 1,24$ символа) и третьей ($15,55 \pm 2,35$ символа) групп.

5. Объем внимания (корректирующая проба, норма ≥ 850 знаков) выше у испытуемых третьей группы (1428 ± 12 знаков), чем у испытуемых первой (1402 ± 235 знака) и второй (1356 ± 190 знаков) групп.

6. Показатели простой и сложной двигательных реакций в группах находятся в пределах нормы и отличаются на $1 \div 6$ мс.

Список использованных источников

[1] Гедранович Ю.А. Обзор и сравнительный анализ методов и систем для развития навыков релаксации. / Ю. А. Гедранович, В. В. Савченко, К.Д. Яшин, Н.В. Щербина // Журнал «Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики», 2016, № 1 (77), С. 62 – 69.

[2] Гедранович Ю.А. Обзор и сравнительный анализ методов и систем для развития навыков релаксации. / Ю.А. Гедранович, В.В. Савченко, К.Д. Яшин, Н.В. Щербина // Журнал «Человеческий фактор: проблемы психологии и эргономики», 2016, № 2 (78), С. 44 – 50.

[3] Щербина, Н. В. Исследование метода выработки навыка на релаксацию с биологической обратной связью по параметрам электродермальной активности / Н.В. Щербина, В.В. Савченко, К.Д. Яшин // Новости медико-биологических наук. - 2019. - № 1/2019. - Том 19. – С. 65-73.

[4] Щербина, Н. В. Регуляция функционального состояния машинистов локомотивных бригад с применением БОС-тренинга: факторный анализ экспериментальных данных. Доклады БГУИР. 2021; 19(4): 28-36.

ANALYSIS OF DIFFERENCES BETWEEN GROUPS OF ENGINE ENGINEERS OF LOCOMOTIVE BRIGADES ON PROFESSIONALLY IMPORTANT PSYCHOPHYSIOLOGICAL AND PERSONAL INDICATORS

N.V.SHCHERBINA

Master of Engineering

Senior Lecturer, Department

of Engineering Psychology and Ergonomics,

Belarusian State University

of Informatics and Radioelectronics

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

E-mail: shcherbina@bsuir.by

Abstract.

An analysis of differences in psychophysiological characteristics between three groups of drivers and assistant drivers of locomotive brigades of Belarusian Railways with different degrees of ability to regulate their functional state arbitrarily was performed. As diagnostic tools the method of functional biocontrol with biofeedback (APC NeuroDog, "Neurocom", Russia) and the data of psychophysiological examination with the use of UPDK-MK complex for professional psychophysiological examination and selection of railway transport workers ("Neurocom", Russia) were used.

Keywords: biofeedback, electrodermal activity of the skin, self-regulation, development of relaxation skills, functional state, professionally important qualities.

9*УДК 327.88:004.738.5

УДК 623.624

ИНФОРМАЦИОННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ В СОВРЕМЕННЫХ РЕАЛИЯХ



В.Н. Шведко
аспирант БГУИР



Т.В. Казак
заведующий кафедрой инженерной
психологии и эргономики БГУИР,
доктор психологических наук Республики
Беларусь, доктор психологических наук
Российской Федерации, член-корреспондент
Международной академии психологических
наук, профессор

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

E-mail: vasilisa14194@mail.ru, fedora220864@gmail.com

В.Н. Шведко

Окончила Белорусский государственный университет, факультет журналистики и магистратуру БГУИР. Аспирант БГУИР.

Т.В. Казак

Заведующий кафедрой инженерной психологии и эргономики БГУИР, доктор психологических наук Республики Беларусь, доктор психологических наук Российской Федерации, член-корреспондент Международной академии психологических наук, профессор.

Аннотация. В статье рассматриваются и обобщаются варианты толкования понятия «Информационное оружие». А также подробно разбирается, что относится к концептуальным отличительным характеристикам информационного оружия. А также даются характеристики данному определению в соответствии со сферой применения в современных условиях.

Ключевые слова: информационное оружие, анализ, характеристика.

Введение.

В настоящее время так называемое информационное оружие оказывает серьезное воздействие в информационно-пропагандистской деятельности, которая часто направлена во вред определенному государству. К такой деятельности относят различные приемы и способы информационного воздействия на противника — от дезинформации и пропаганды до средств радиоэлектронной борьбы. В статье рассмотрим виды информационного оружия. При этом, стоит отметить, что на сегодняшний день нет единого толкования понятия «информационное оружие». В многочисленных источниках приводятся различные определения этого понятия. При этом наиболее общим является следующее. **Информационное оружие** — совокупность средств информационного воздействия на технику и людей [1]. В соответствии со сферами, в которых ведется информационное противоборство, информационное оружие классифицируется на два основных вида [1]:

1. информационно-техническое оружие;

2. информационно-психологическое оружие.

Материалы и методы.

В своей монографии С.И. Макаренко отмечает, что главными объектами воздействия информационного оружия первого вида является техника, а второго — люди. При этом надо подчеркнуть, что информационно-техническое оружие включает в себя средства радиоэлектронной борьбы (РЭБ), а информационно-психологическое оружие является элементом более широкого типа оружия — психологического оружия. Фактически информационное оружие является технологией, включающей в себя [2]:

- анализ способов и механизмов активизации у конкретной системы противника (технической, психологической, социальной, экономической и т.д.) характерных в нее возможностей самоуничтожения;

- поиск программы самоуничтожения;

- разработка конкретного информационного оружия;

- применение информационного оружия по заданному объекту.

Стоит отметить, что полковник ВВС США Р. Сафрански, один из идеологов концепции сетцентрической войны, дает достаточно широкое определение информационному оружию: **информационное оружие** — использование специально подобранных средств, под воздействием которых происходит изменение процессов не только в информационных, но также и в социальных системах в соответствии с поставленными целями [3]. Применять информационное оружие предполагается на стратегическом, оперативном и тактическом уровнях. При этом основными объектами его воздействия являются информационно-технические системы (от финансово экономических до систем управления войсками), социальные системы, отдельные личности или группы лиц (то есть групповое и индивидуальное сознание) [3]. Оригинальный подход к определению понятия «информационное оружие» сделан в работе Буянова В. П. [4]. В соответствии с этой работой дано следующее определение информационному оружию.

Информационное оружие — различные средства поражения: высокоточное оружие для поражения органов управления или отдельных радиоэлектронных средств (РЭС), средства РЭБ, источники мощного электромагнитного излучения (ЭМИ), программные средства и т. д., эффективно решающие задачи информационной войны [4]. В работах [5] и [6] приводятся близкие по смыслу определения информационного оружия. **Информационное оружие** — совокупность информационных технологий, способов и средств информационного воздействия, предназначенных для ведения информационной войны [5].

Информационное оружие — оружие, наиболее эффективно решающее задачи информационной войны, основной задачей которой является достижение информационного превосходства [6]. Указывая на недостаток двух приведенных выше определений информационного оружия, заключающийся в привязке данного понятия к неоднозначно трактуемому в различных источниках понятию «информационная война», автор монографии [7] приводит следующее определение этого вида оружия.

Информационное оружие — это средства информационного воздействия на технику и людей с целью решения задач воздействующей стороны и специфичные способы их применения [7]. В работе [3] авторами сделана другая попытка обобщения и конкретизации вышеуказанных определений информационного оружия. Информационное оружие — это совокупность способов и средств [3]:

- подавления элементов инфраструктуры государственного и военного управления противника;

- радиоэлектронного влияния на элементы информационных и телекоммуникационных систем;

- несанкционированного доступа к информационным ресурсам с последующей их деформацией, уничтожением или хищением;

- информационно-психологического воздействия на военнослужащих и гражданское население противоборствующей стороны.

Информационному оружию присущи несколько отличительных качественных характеристик, которыми оно концептуально отличается от других видов оружия.

Так к концептуальным отличительным характеристикам информационного оружия относятся [8]:

- универсальность — его применение не зависит от климатических и географических условий, времени суток, сезонов года и т. п.;

- скрытость — для его применения не требуется проводить мобилизацию, создавать большие группировки войск; в то же время его действие незаметно, а по эффекту воздействия сопоставимо с оружием массового поражения;

- внезапность применения — не требуется его длительная подготовка;

- экономическая эффективность — разработка информационного оружия и его применение требуют существенно меньших затрат по сравнению с другими видами оружия;

- масштабность применения — оно может применяться как для решения задач стратегического, так и тактического уровня;

- эффект «цепной реакции» — воздействие информационного оружия на отдельный элемент информационной системы информационного ресурса может привести к выводу из строя других элементов системы, а затем и всей системы в целом;

- сложность осуществления контроля за созданием, испытанием, применением и распространением информационного оружия — его разработку, а в ряде случаев и сам факт применения можно надежно скрыть от разведки противника.

При этом темпы совершенствования информационного оружия (как, впрочем, и любого вида вооружения) превышают темпы развития технологий защиты и противодействия ему [9]. Рассмотрим общую классификацию информационного оружия. В соответствии со сферой своего применения информационное оружие классифицируется на [3]:

- информационно-техническое оружие;

- информационно-психологическое оружие.

В соответствии со своим целевым назначением информационное оружие подразделяется на два типа [3]:

- оборонительное информационное оружие;

- наступательное информационное оружие.

Оборонительное информационное оружие решает задачи обороны в информационной войне и включает системы многоуровневой компьютерной безопасности и различные системы активного противодействия информационно-психологическому оружию противника. Таким образом, в состав оборонительной составляющей информационного оружия входят средства противодействия и нейтрализации наступательного информационного оружия противника [3]. Наступательное информационное оружие решает задачи воздействия на систему принятия решения противника путем поражения наиболее критичных из входящих в нее компонентов (как в технической, так и в психологической сфере) [3]. Наступательное информационное оружие.

Результаты.

Таким образом исходя из имеющихся определений информационного оружия, анализа опыта его применения в войнах и вооруженных конфликтах новейшего исторического периода, информации о направлениях зарубежных исследований и разработок в данной предметной области, опубликованной в *открытых источниках*, можно выделить следующие наиболее распространенные средства наступательного информационного оружия [3]:

- средства воздействия на компоненты радиоэлектронного оборудования и системы их энергообеспечения для временного или необратимого вывода из строя РЭС или их отдельных компонентов;

- средства воздействия на информационные ресурсы и аппаратнопрограммные средства автоматизированных систем управления (АСУ) или других технических средств с целью вывода их из строя либо изменения алгоритма их функционирования;

- средства воздействия на процесс передачи информации, предназначенные для полного прекращения либо дезорганизации функционирования подсистем обмена информацией за счет воздействия на среду распространения сигналов и алгоритмы функционирования.

Список использованных источников

- [1] Гриняев С. Н. Поле битвы — киберпространство. Теория, приемы, средства, методы и системы ведения информационной войны. — М.: Харвест, 2004. — 426 с.
- [2] Расторгуев С. П. Информационная война. — М.: Радио и связь, 1999. — 416 с.
- [3] Буренок В. М., Ивлев А. А., Корчак В. Ю. Развитие военных технологий XXI века: проблемы планирование, реализация. — Тверь: Издательство ООО «КУПОЛ», 2009. — 624 с.
- [4] Буянов В. П., Ерофеев Е. А., Жогла Н. Л., Зайцев О. А., Курбатов Г. Л., Петренко А. И., Уфимцев Ю. С., Федотов Н. В. Информационная безопасность России — М.: Издательство «Экзамен», 2003. — 560 с.
- [5] Абдурахманов М. И., Баришполец В. А., Баришполец Д. В., Манилов В. Л. Геополитика, международная и национальная безопасность. Словарь основных понятий и определений / Под общей ред. В.Л. Манилова. — М.: РАЕН, 1998. — 256 с.
- [6] Цыгичко В. Н., Вотрин Д. С., Крутских А. В., Смолян Г. Л., Черешкин Д. С. Информационное оружие — новый вызов международной безопасности. — М.: ИСА РАН, 2000. — 52 с.
- [7] Прокофьев В. Ф. Тайное оружие информационной войны. Воздействие на подсознание. — М.: Синтег, 2003. — 430 с.
- [8] Колин К. К. Социальная информатика. — М.: Академический проект, 2003. — 432 с.
- [9] Гриняев С. Н. Интеллектуальное противодействие информационному оружию. — М.: СИНТЕГ, 1999. — 232 с.

INFORMATIONAL IMPACT IN MODERN REALITIES

V.N. SHVEDKO,

Postgraduate student of the BSUIR

T.V. KAZAK,

Department Chair, Doctor of Psychological Sciences of the Republic of Belarus, Doctor of Psychological Sciences of the Russian Federation, Corresponding Member of the International Academy of Psychological Sciences, Full Professor

Belarusian State University of informatics and radioelectronics, Republic of Belarus

E-mail: vasilisa14194@mail.ru, fedora220864@gmail.com

Abstract. The article considers and generalises interpretation variants of the notion "Information weapon". Conceptual distinctive characteristics of information weapon are specified in detail. Characteristics of this definition in accordance with application sphere in modern conditions are given. In future this detailed analysis of the notion "Information weapon" will help the author to do research according to the theme of dissertation.

Keywords: information weapon, analysis, characteristic.

УДК [611.018.51+615.47]:612.086.2

СОКРАЩЕНИЕ В ФИЛОГЕНЕЗЕ РАЗМЕРНОСТИ КОДИРОВАНИЯ В BIG DATA ОБРАЗНОЙ ИНФОРМАЦИИ



Г.В. Лосик

Главный научный сотрудник
лаборатории № 214 Государственного
научного учреждения «Объединенный
институт проблем информатики
Национальной академии наук
Беларуси», доктор психологических
наук



В.В. Егоров

Преподаватель Белорусского
государственного университета
информатики и радиоэлектроники

Беларусь, Минск, БГПУ
E-mail: georgelosik@yahoo.com

Аннотация: В данной статье рассматривается филогенез форм кодирования знаний у человека. Филогенез совершается в виде сокращения размерности в BIG DATA .К трёхмерному в пространстве материального носителя.

Ключевые слова: BIG DATA, механизм кодирования, материя независимое кодирование.

Введение.

Знания в филогенезе человека, полученные из его жизненного опыта, передавались от поколения к поколению, однако с изменениями способов передачи, с упрощением формы их кодирования при фиксации на тот или иной материальный носитель для передачи. Сначала, до появления рисунка и письма, знания кодировались в сознании и во внешних носителях трёхмерно. Предыдущее поколение демонстрировало последующему свои удачные продукты труда и образцы поведения в трёхмерном пространстве. С появлением рисунка знания для передачи стали кодироваться не только в трёхмерном, но и в двухмерном пространстве материи. Материя, расположенная за рисунком и перед ним, перестала кодировать информацию о смысле знаний на рисунке. Следовательно, материя-независимость такого кодирования на ступень возросла. Далее, с появлением письма (в пересчете на размерность материального носителя) форма кодирования знаний в мозге и на внешнем носителе оставила важной только горизонтальную компоновку носителя. Появилось линейное кодирование знаний знаками, в частности слева направо. Материя, расположенная выше и ниже строчки, перестает при этой форме кодирования быть носителем знаний. Эта форма кодирования знаний психикой является одномерной в пространстве материального носителя.

Сегодня, с появлением облачных технологий и явлением BigData, наступает очередь кодирования знаний в трёхмерном пространстве материального носителя. Вместе с тем ноль-мерность, другими словами, означает независимость расположения знаний на материальном носителе от природы носителя. Предварительно, до рассмотрения этой ноль-мерной формы кодирования, рассмотрим, почему при анализе следует связать размерность пространства материального носителя с размерностью кода. Этот вопрос нужно понимать

так, что в физическом плане материальный объект, который становится носителем информации, всегда имеет трехмерное строение. Однако информация может использовать для кодирования себя не все три физические измерения носителя, а меньшее их количество. Применительно к мозгу, как трехмерному материальному носителю знаний, такая логика оправдана. Она правомерна, если считать, что в психологическом пространстве, в пространстве нейронов сенсорной и моторной коры человека в ходе обучения могут формироваться такие пространственные фигуры из нейронов, которые своей топологией повторяют фигуры внешних стимулов.

Рассмотрим, как конкретно используется принцип кодирования «местом» с точки зрения запоминания с его помощью *топологической* информации о встречающихся в жизненном обиходе субъекта материальных тел, в частности, которые он видит зрительно и ощупывает тактильно руками. Найдем отличие осмотра трехмерных объектов восприятия с помощью руки и глаза от осмотра плоскостных двумерных объектов восприятия с помощью лишь движений глаз. Будем считать, что при формировании пространственного образа, встретившегося трехмерного объекта, в нервной системе формируется также пространственная нейронная модель этого объекта, не сводимая к метрическому ее заданию. Какую в этом случае дополнительную информацию в восприятии трехмерного объекта дает движение руки по повороту объекта? Как участвует в формировании образа рука, вращая объект для восприятия обратной невидимой его стороны?

С учетом вышесказанного становится объяснимым филогенез отмирания размерности материального носителя. В ходе филогенеза шел одновременно перцептогенез, то есть эволюция форм кодирования. В дополнение к уже существующим возникали новые формы кодирования. Шло отмирание не размерности носителя, а размерности использования психикой для кодирования его физической формы. Старые формы кодирования знаний в мозге для передачи их от поколения к поколению не отмирали, не заменялись, а дополнялись новыми, все менее зависимыми от материи как «обязательного» субстрата переноса знаний из прошлого в будущее. Поэтому облачные технологии и BigData можно рассматривать как находку в естественном отборе форм кодирования. Найдена новая, идеальная форма, в которой материя уже не способна противостоять выживанию знаний. Материя продолжает присутствовать в передаче знаний, но они, изучив природу материи, нашли способы быть независимыми от нее как носителя, хотя и эксплуатировать ее.

Замена в филогенезе форм кодирования знаний об окружающем материальном мире.

В психике в филогенезе шло не отмирание и замена форм кодирования знаний об окружающем материальном мире, а дополнение новыми формами кодирования [13]. Трехмерное кодирование отражало в мозге в пространстве нейронов в виде трехмерных фигур те трехмерные события, которые происходили вовне. Затем в психике у человека появилась двумерная форма кодирования его знаний, затем добавилась одномерная форма кодирования. Каждая форма кодирования способна была передавать для обработки в мозг в его нервную ткань строго или трехмерные, или двумерные, или одномерные стимулы, или иное явление материальной действительности реализовывалось во вне всегда как трехмерные явления, однако поступление его в мозг имело три варианта. И соответственно модель его в психике и в трехмерной нервной ткани могла быть или трех-, или дву-, или одномерной.

В итоге, нольмерное кодирование информации в мозге приняло эстафету предыдущих форм, последовательно избавляющихся от влияния носителя, и стало, наконец, формой кодирования, от носителя абсолютно независимой.

на этом первом этапе восприятия преимущественно трехмерного объекта у первобытного человека инструментом движения была рука. Потребность состояла в том, чтобы увидеть обратную сторону невидимой стороны трехмерного объекта.

Перейдем к рассмотрению второго этапа, на котором появились когнитивные действия, не требующие поворачиваний объекта обратной стороной. Так как первобытный человек все детальнее узнавал категории некоторых объектов, он отличал один объект от другого объекта, от третьего по внешнему виду и не удосужился поворачивать с помощью инструмента руки, смотреть его обратную сторону, чтобы отличить один объект от другого. Достаточно было осматривать глазным яблоком только фронтальную сторону объекта. Объектом был не рисунок, а просто вид поля. При изучении объектов окружающего мира у него формируются образы окружающих объектов, а конкретно по их внешнему фронтальному виду и отличия объектов друг от друга можно совершать только лишь инструментом глаза движением глазного яблока.

Невозможно узнать новый объект без руки, как и податливость трехмерного объекта, информацию о невидимой обратной стороне, правой стороне, левой стороне. Эта информация запоминалась в образе объекта, это появление знака/символа, где обратная сторона запоминалась для многих объектов однотипно, неким одним уже общим знаком, плоскостью, то есть при переходе от запоминания трехмерного объекта в мозге к распознаванию объекта, к отличию, установлению отличия объектов друг от друга происходит по двумерному виду. Человек переводит в мысленный процесс поворачивания объекта обратной стороной, а движение руки по повороту трехмерного объекта заменяется виртуальным мысленным знаковым движением мозга, мысленным поворотом, то есть происходит интернализация действий и задней стороны объекта.

Появление манеры плоскостного восприятия связано с появлением ограничений позиции объекта перед зрительным восприятием человека. Большинство двумерных объектов ассоциируются человеком уже не вверх ногами, не повернутыми, а как правило, за счёт его вертикального хождения и окружающие объекты имеют уже позицию верха, низа, которой в трёхмерном восприятии объектов. Не нужно было менять видео сцену, не нужны и повороты туловища, потому что видео сцены перед человеком нормализуются большей степени уже его культурой обитания и его положением в гравитационном поле, где верх и низ у объектов окружающих его это не в космическом аппарате.

Рассмотрим *третий* этап перцептогенеза. Он во многом похож на второй этап, но отличается появлением множества знаков в виде рисунков, чертежей, которые человек совершает рукой, на скалах, на песке. То есть, у него появились рисунки, а это значит, что наступила в процессоре гинезис этап, когда верх и низ рисунка имеет значение, это очередное облегчение для эффективной системы по распознаванию объектов, по распознаванию отличия объекта одного от другого.

На третьем этапе материального носителя информации для узнавания, формирования отличия образов становится ещё меньше. Материальный носитель видел контур, обведённый цветом.

Переходим к четвертому этапу в перцептогенезе. Когда у человека появился текст, появилась необходимость зрительного восприятия объекта в виде строчек текста, условно мы называем это одномерное представление объекта. Важным становится только лишь движение глазного яблока слева направо, вдоль строчки, или как в китайском, японском письме сверху вниз. Иные движение глаз не нужны при восприятии текста. Становится неважным цвет, неважным размер объекта приближения, удаления к тексту, важными становятся движение глазного яблока с конца предыдущей строчки в начало следующей строчки, движение глазного яблока типа возврата в какую-то мысль, предыдущую здесь в одномерном пространстве. Это две разные ситуации, тогда моторика глазного яблока только лишь обеспечивает процесс, рука не участвует.

на четвертом этапе материальным носителем информации становится бумага и строчки букв, изображающие слова, которые поступают в мозг и возбуждают в нём определённые нейронные детекторы. Вместе с тем, на четвёртом этапе можно выделить два

случая, когда материальным носителем текста является реальная бумага, реальный материальный носитель, то ли это на экране компьютера электронное изображение текста в виде возбуждения пикселей на экране. Казалось бы, это не принципиальное отличие, но с точки зрения моторики руки и глаза – это значительная разница, потому что с помощью электронного предъявления текста на экране появляется опасность дерганья, переформатирования страницы, и глазу невозможно запомнить написание текста рукой, его позиционирования на странице, тексты могут быть воспроизведены на экране другим шрифтом, другим размером и т.п. Это недостаток для мозга, создаются трудности для запоминания движений глазного яблока при чтении строчек текста.

Видя строки, текст не может быть заполнен в памяти, он вынужден в связи с компьютером быть только лишь смыслом слов, так известна в обучении английскому языку, что формирование образа слова – это есть формирование его звучания в формировании его написания, структуры шрифтом и образ моторной рукой. Написание слова Beautiful только слияние трёх модальностей хорошо формируют образ слова Beautiful.

Наконец, рассмотрим пятый этап формирования образа в голове человека, когда это формирование носит материя, независимая представление. Представления только смыслами тех мыслей, которые мы в тексте прочитали. Материя, независимое кодирование смысла, нельзя путать с нематериальным кодированием нематериального кодирования. Не может быть в любом случае, любая информация должна иметь материальный носитель матери. Независимое понимание связано с тем, что материальный носитель не имеет возможности изменить носитель, изменить информацию и только поэтому мы ввели термин материя, независимое кодирования. Нематериальное кодирования психологии, переход к материи независимого кодирования.

Пятый этап в сужении материи связан с появлением, согласно психологии и знака, как орудие мышления. Это и есть интернализация, внешнее явление, то есть, то трёхмерное явление самом первом этапе, двумерное явление на втором этапе. Она получает в мозге, наконец-то, реализованное представление в виде материи независимых процессов перехода одного смысла к другому, третьему, четвёртому.

Четыре этапа филогенеза, два типа кругового осмотра с точки зрения важности смены ракурса осмотра.

Рассмотрим еще раз сокращения размерности с трехмерного до двухмерного. Теперь отметим, что только в трехмерном и двухмерном пространствах остаются постоянными антропологические шкалы оценки сходства, являются врожденными признаковые оси оценки близости сходства тех объектов материальной действительности, которые прижизненно формируется у человека в трехмерном или двухмерном пространстве. Когда у ребёнка появляется трехмерное психологическое пространство, то врожденными являются девять мотивов осмотра любого будущего трехмерного объекта. Этими когнитивными мотивами трехмерного осмотра объекта или трехмерной панорамы являются: нужно посмотреть объект фронтально, посмотреть снизу, сверху, слева, справа и обратную сторону, посмотреть внутрь объекта, а если не видно его внутренность, то поставить объект с головы на ноги. Если он перевернут, то посмотреть симметричен ли объект. С помощью этих девяти мотивов или большего числа человек без обучения осматривает любой объект.

С помощью этих врожденных движений формируются уже прижизненные трехмерные образы тех материальных объектов, материальных панорам, которые человеку встречаются. То есть, врожденными являются шкалы оценки близости, мотивы осмотра, движение осмотра, но объекты, которые формируются прижизненно – это плод статистического изучения материальной действительности прижизненного. Девять движений поворота объекта – это один из двух типов осмотра объекта рукой, которые есть

и у глаза. В этом первом типе осмотра скачок внимания по поверхности трехмерного объекта происходит большой, продолжительный во времени и в пространстве. Этот тип движения напоминает саккады глазного яблока. С помощью этого типа осмотра происходит формирование трехмерного образа трехмерного объекта.

Но при круговом осмотре трехмерного объекта имеется другой тип осмотра, другой тип изменения ракурса осмотра. Эти разнообразные по направлению (многовекторные), многочисленные, небольшие по амплитуде шатания, скачки взора человека. Шатания путём поворотов головы и поворотов плеч. Этот тип движения напоминает тремор глазного яблока. С помощью шатания головы и плеч, особенно во время говорения, создаётся шатание ракурса обзора объекта. Этот тип движение взора, тремор взора, бывает в промежутке между продолжительными большими саккадическими скачками взора.

Наше открытие состоит в обнаружении принципиально разного предназначения первого и второго типа движения для когнитивных целей. С помощью первого типа движений, тремора, мозг после каждого мелкого скачка получает информацию о том, осталось ли одно и тоже пространство предметов перед взором человека. Это механизм сохранения эффекта присутствия. В том ли окружении материальных тел остался человек после скачка взора? Скачек взора приводит к скачку по всей сетчатке изображения. Но сенсорные нейроны локально по всей сетчатке вычисляют локальный вектор, куда сдвинулся локальный фрагмент изображения в этом локально месте сетчатки. И по этим векторам мгновенно устанавливается, одинаковое или нет направление сдвига у соседних фрагментов изображения. Вектор движения руки, плеч, головы должен порождать тот же по направлению вектор сдвига фрагмента изображения на сетчатке. Это будет выполняться при отсутствии наклона плоскости, грани объекта к плоскости движения головы и плеч. И наоборот, несовпадение направления движения головы и движений группы фрагментов после скачка сообщает мозгу ориентацию наклона граней объекта, число граней и границы граней тех объектов, оказавшихся в поле зрения.

Другими словами, когда меняется позиция головы и плеч, то происходит изменение ракурса вида объекта, вида пространственно удалённой грани объектов. Например, перед взором человека в виде тремора поворачивается от поворота головы два-три объекта. По поступающей с сетчатки информации мозг узнаёт, какие из граней принадлежат одному объекту за счёт того, что все грани повернулись в одно направлении, вектор поворота у них один и тот же. То есть, сходство несходство вектора поворота грани является критерием для мозга того, принадлежит ли грань одному и тому же объекту, или это разные объекты в пространстве перед человеком. Этот механизм определения направления скачка вычисляют командные нейроны Е.Н. Соколова. Они вычисляют не амплитуду поворота, а направление поворота ракурса. Нами выявлен такой механизм восприятия трехмерного объекта путем его трехмерного осмотра ракурса изменения с помощью руки, туловища и головы.

Следует отметить, что мозг не анализирует трансформации ракурса объекта, сделанные не рукой, не головой, не плечами, не самим человеком. Если эту трансформацию совершает внешняя сила, то мозг не берёт в рассмотрение для надежности эту трансформацию. Особенно, это касается тремора изменения ракурса. Тремор должен обеспечиваться самим человеком.

Плоскостное восприятие и смена ракурса осмотра.

Рассмотрим изменения в филогенезе. Далее, в филогенезе зрительного восприятия человека, появилось двумерное восприятие, когда оценка глубины, оценка состояния обратной стороны объекта не анализировалась. Если человек работает с двумерными объектами, схемами, картинками, у него в мозге формируется опять-таки топологические, но, двумерные фигуры. Они формируются в психологическом двумерном пространстве. В этом пространстве, вероятно, формируется ось вертикальная и ось движения глаза

горизонтальная. Это восприятие сходства и различия, например, рисунков, плоскостных изображений, схем, которые первобытный человек выполнял по правилам векторной психофизиологии.

В школе Е.Н. Соколова выполнен цикл исследований плоскостного восприятия и поиска врождённых признаков оценки сходства двумерных явлений. Так, проведены исследования Чудиной [7] по прямолинейным линиям и углу наклона между прямыми. Оно показало существование двумерной сферы, в которой есть врождённая шкала оценки угла наклона двух-трех прямых, угла между двумя-тремя прямыми.

Вторая работа – это выявление осей зрительного восприятия и оценки сходства знаков. Обстоятельной является работа Завгородней по оценке знаков на экране компьютера. Исследование выявило три оси: наклона прямой, округлости кривых и ось замкнутости кривых. В пользу того, что у человека существует врождённая расположенность оценки сходства фигур топологическим способом, являются исследования Гончарова Олега Анатольевича [2]. Гончаров доказал, что у ребёнка в раннем возрасте существует топологический принцип распознавания фигур, плоскостных фигур периферией сетчатки глаза, а по мере взросления ребёнка эта способность уменьшается. Она заменяется на метрический метод распознавания.

Гончаровым затем было выполнено исследование больных, страдающих патологией различных отделов зрительного анализатора у которых терялась свойства топологического распознавания плоскостных фигур.

Можно понимать так, что школа Соколова в рамках векторной психофизиологии доказала существование врождённых шкал по оценке двумерных явлений реальной жизни первобытного человека. Двумерных явлений было поначалу немного, но затем социальная культура привела человека к тому, что он стал все больше работать с плоскостями, картинками, схемами, чертежами. Сами двумерные объекты в мозге формируют их образы уже прижизненных, но их близость сходства различия уже находится в плену рождённых шкал сходства двумерного восприятия.

Переход от формирования трехмерного образа к формированию двумерных образов позволил человеку отстранить от участия в формировании образа руки, плечи, повороты головы и оставить для формирования плоскостных образов только лишь движения глазного яблока. Но и в движениях глазного яблока сохранились движения двух разных типов: типа больших саккад и типа тремора. И эти движения опять-таки обеспечиваются командными нейронами школы Соколова. И здесь при плоскостном восприятии, при восприятии нового рисунка, в движениях глаза проявляется феномен большого скачка, который отражает мотив, задумку смотрящего человека, а мелкий тремор глазного яблока как тип движения существует для того, чтобы подтвердить, что перед человеком находится тот же самый рисунок, что он не дернулся, не изменился, что в нём нет динамики. То ли, наоборот, тремор сообщает мозгу что от кадра к кадру, от кадра к кадру сейчас перед плоскостным взором происходит изменение, и мы смотрим какое-то кино. Те же командные нейроны в случае тремора вычисляют, какие элементы видео поля согласованы одинаково и подчиняются одинаковым векторам изменения, а какие идут в разную сторону. Механизм анализа плоскостного рисунка совершает опять-таки сегментацию видео на выделении в потоке предметов, объектов. Предметность восприятия реализуется и мозг остаётся спокойным, что от предыдущего видео кадра к последующему есть закономерное изменение по определенным направлениям каждого мини кадра. Поэтому если мы даём 25-ый кадр в кино, то мы нарушаем для мозга закономерность, оставляем один видео кадр без вектора стыковки с соседними. При анализе в этом случае предыдущего и последующего кадра в видеопотоке мозг вынужден запоминать этот 25-ый кадр отдельным видео кадром, за счет этого и происходит подсознательное запоминание рекламы.

Анализ одномерной сцены

Переходим к анализу восприятия одномерной сцены, возникшей на основе двумерной сцены в филогенезе у человека. Имеется в виду восприятие текста с листа бумаги, с оптического экрана. В этом случае перед человеком строчка слов, чтения текста слева направо. Взгляд человека движется по строке и читает слова, распознаёт их и понимает фразу. В этом режиме механизм векторного восприятия сферической модели человеком не используется. При последовательном пословном восприятии текста с помощью движения глазного яблока, движении слева направо, то ли сверху вниз, навык этого движения формируется прижизненно, механизм этого движения не врождённого типа.

Одномерное восприятие текста с листа бумаги, с экрана не предполагает топологический принцип восприятия, поэтому и в мозги топологические тексты не запоминаются. Они запоминаются лишь со смыслами тех слов, которые тексты содержат.

Саккады этих движений формируются при жизни и не имеют отношения к теории кодирования местом. Разве что при запоминании текста, страницы с текстом в самом малом масштабе топологический принцип используется лишь для того, чтобы в целом сфотографировать расположение строчек, абзацев в рукописной странице или машинописным тексте страницы. Топологическое запоминание движения руки и его воспроизведение имеет место при росписи. Роспись – это моторный топологический образ, однако воспроизведение движения – это навык, сформированный прижизненно.

Ноль-мерное кодирование в мозге.

После одномерного рассмотрим ноль-мерное кодирование информации. В мозге, как отмечалось, при запоминании, при изучении трехмерного объекта, например, пирамиды, формируется трёхмерная модель пирамиды, то есть топологическая модель того объекта, который человек запоминает. Человек мысленно может поворачивать объект и смотреть его обратную сторону, он мысленно может ходить по своей квартире из комнаты в комнату и в его представлении восстанавливается трехмерный объект.

Вместе с тем трехмерная модель не означает копию физической фигуры трехмерного объекта. Трёхмерная модель – скорее, копия направления движений взора человека в трехмерном пространстве, направлений осмотра опорных точек поверхности объекта. Модель больше отражает антропологию субъекта, чем физику объекта, движение активного луча внимания субъекта, пытающегося выявить отличие или сходство этого объекта от другого. Такая модель, по сути, стремится многомерно запомнить качественные параметры объекта, которыми субъект как антропологическое существо наделяет этот объект, появляющийся на входе. Поэтому такое кодирование объекта становится материя-независимым; психика переходит от запоминания физических метрических параметров сигналов на входе к запоминанию качественных параметров, смысловых, отличающих данный объект от другого объекта по его функции для человека, функции, антропологически закреплённой в шкалах, переданных по наследству. От чрезвычайно материя-зависимого описания трехмерного материального тела при его круговом осмотре глазами, поворотом рукой, головой и плечами – мозг, избавляясь от влияния материи на описание, приходит в сферической модели к материя-независимому описанию объекта, способному вычислять меру сходства одного объекта с другим по качеству.

Список использованных источников

- [1] Александров Ю.И. Нейрон. Обработка сигналов. Пластичность. Моделирование: Фундаментальное руководство / Ю.И. Александров и др. – Тюмень: – 2008. 548 с.
- [2] Соколов, Е.Н. Восприятие и условный рефлекс. Новый взгляд / Е.Н. Соколов. – М. : МГУ, 2003. – 288 с.
- [3] Лебедев, А.Н. Нейронный код / А.Н. Лебедев. – Психология. – 2004. – Т. 1. – № 3. – С. 18–36.
- [4] Вартанов, А.В. Механизмы семантики: человек – нейрон – модель / А.В. Вартанов. – Нейрокомпьютеры: разработка, применение, № 1-2, 2012. с. 36-52.

[5] Головкин В.А. Нейронные сети: обучение, организация и применение. Кн. 4 / В.А. Головкин; под общ. ред. А.И. Галушкина. – М.: ИПРЖ, Радиотехника, 2001. – 256 с.

[7] Винер, Н. Кибернетика или управление и связь в животном и машине / Н. Винер. – 2-е изд. М., – Советское радио. – 1968. – 328 с.

[8] Лосик Г.В., Особенности кодирования и обработки текстовой и аналоговой информации в мозге человека. / Материалы международной конференции «РИНТИ-2012», Минск, ОИПИ НАН Беларуси. – 2012. С.130-138.

[9] Sokolov E.N. Model of cognitive processes / Eds. M. Sa-bourin, F. Craik, M. Robert // Advances in psychological Science. Biological and cognitive aspects. Hove, Psychological press, 1998. V. 2. P. 355-379.

DIGITALIZATION AND LOSS OF ANTHROPOLOGICAL INFORMATION ON THE SIMILARITY OF PHENOMENA

G.V. LOSIK

Chief Researcher of Laboratory No. 214 of the State Scientific Institution "Joint Institute for Informatics Problems of the National Academy of Sciences of Belarus", Doctor of Psychology

V.V. EGOROV

Postgraduate student, lecturer at the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

Abstract. This article discusses a model for coding knowledge in the zero-dimensional space of a material medium.

Keywords: zero-dimensional coding, coding mechanism, material-independent coding.

УДК 612.845.5: 004.4

ТЕХНОЛОГИИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В ПРИЛОЖЕНИЯХ ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ С НАРУШЕНИЯМИ ЦВЕТОВОСПРИЯТИЯ



В.В. Сеницына
аспирант БГУИР, магистр



А.М. Прудник
кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры ИПиЭ БГУИР

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь
E-mail: vldasinitsina1@gmail.com

В.В. Сеницына

Окончила Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, магистр. Аспирант БГУИР. Проводит научные исследования методов и средств анализа и синтеза пользовательских интерфейсов для лиц с аномалиями цветового зрения.

А.М. Прудник

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры инженерной психологии и эргономики Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Аннотация. На сегодняшний день особенно важным является применение возможностей мобильных приложений для создания комфортных условий деятельности людей с теми или иными особенностями. В частности, исключительного внимания заслуживают приложения для категории людей с такими нарушениями зрения, как аномалии цветового зрения. Предложенные методы анализа характеристик мобильных приложений для лиц с особенностями цветовосприятия помогут лучше разобраться в актуальности данных приложений, особенностях их использования и необходимости последующих усовершенствований, реализация которых повысит качество взаимодействия лиц, имеющих аномалии цветового зрения, с приложениями. Кроме того, представленные методы исследования характеристик приложений и их *usability*-показателей полезны при структуризации и обработке больших данных в приложениях для пользователей с нарушениями цветовосприятия.

Ключевые слова: цветовая слепота, особенности цветовосприятия, мобильные приложения, количество скачиваний, рейтинг, функциональные возможности, большие данные.

Введение.

Общеизвестно, что 90% информации об окружающем мире человеку дает зрение [1]. Так, зрение представляет собой главный канал восприятия информации, посредством которого человек может овладеть знаниями, представленными в виде текстов, картинок, жестов. Особая значимость обладания визуальной информацией делает необходимой разработку различных методов и средств, помогающих людям с проблемами зрения адаптироваться и комфортно существовать в мире постоянно циркулирующего потока данных.

Одним из нарушений зрения, которое мешает людям корректно воспринимать окружающую их визуальную информацию, является аномалия цветового зрения. Аномалии цветового зрения генетического происхождения свойственны 5-8% мужского и 0,5% женского населения [2]. Это означает наличие данной врожденной особенности у 200-320

миллионов мужчин и примерно 20 миллионов женщин. Стоит отметить, что аномалии цветового зрения могут быть не только врождёнными, но и приобретёнными, что увеличивает количество людей с цветовой слепотой. Внушительные цифры статистики заставляют многих исследователей и разработчиков задумываться о том, каким образом можно сделать взаимодействие людей с аномалиями цветового зрения и окружающего мира более комфортным.

Данный вопрос особенно актуален в связи с тем фактом, что многие существующие устройства реализованы таким образом, что комфортное пользование ими возможно лишь для людей с достаточно хорошими показателями здоровья (в частности, с хорошими показателями зрительного восприятия информации). Но в современном всё более и более развивающемся мире наиболее важное значение приобретает возможность управления машинами как можно большим количеством людей. В связи с этим возникает необходимость обеспечить доступность устройств для всех пользователей. Благодаря управлению различными устройствами и вовлечению в производственный процесс люди с особенностями цветовосприятия смогут также и социализироваться, беспрепятственно общаясь с большим количеством людей.

Несколько десятилетий назад в случае наличия у человека каких-либо особенностей зрительного восприятия он не мог рассчитывать на возможность взаимодействия с некоторыми устройствами в определённой профессиональной сфере. Известны случаи, когда, например, во время футбольного матча у комментатора не получилось отличить членов разных команд друг от друга лишь по той простой причине, что формы команд были красного и зелёного цветов, а сам комментатор имел цветовую слепоту [3]. Возникали определённые сложности и у пилотов разнообразных летательных объектов, когда те не могли верно определить цвет моргающей на панели управления лампочки. Схожая проблема имела и у машинистов поездов и электричек [3].

Но стоит отметить, что люди с такими проблемами цветовосприятия не рассчитывали и на корректное восприятие окружающей информации из любых иных окружающих их устройств или информационных пространств вообще.

Совершенствование же технических возможностей обеспечивает развитие безграничного доступа людей к любому типу информации, а также возможность вовлечения в профессии людей, которые проявляют интерес к ним, но испытывают трудности с подобной рода деятельностью в силу каких-либо проблем со здоровьем.

Определённо, есть особенности людей, которые непоправимы не только тем или иным видом лечения, но даже технические устройства пока не в силах исправить существующее положение вещей. Что же касается группы людей с аномалиями цветового зрения, то такие недостатки человеческого организма в определённой мере могут быть компенсированы совершенствованием технических устройств. На данный момент помочь людям с особенностями цветовосприятия выполнять повседневные действия возможно благодаря, например, наличию специальных мобильных приложений.

Таким образом, цель работы – на основании разработанной методологии анализа и обработки информации исследовать функциональные возможности и *usability*-показатели мобильных приложений для людей с аномалиями цветового зрения.

Среди задач исследования выделены следующие:

- рассмотрение приложений, найденных в *Google Play* по соответствующим запросам;
- классификация данных приложений по функциональному предназначению посредством применённой методологии структуризации данных;
- анализ функциональных возможностей классифицированных приложений;
- анализ *usability*-показателей на основе исследования комментариев к приложениям.

Виды и особенности аномалий цветового зрения.

Перед рассмотрением приложений необходимо изучить имеющиеся аномалии цветового зрения, а также характерные для тех или иных видов аномалий особенности. Это поможет в последующем лучше ориентироваться в названиях и описаниях приложений, а также в комментариях, оставляемых под приложениями.

Аномалии цветового зрения на сегодняшний день выделяют следующие:

1) Аномальная трихромазия (трианомалия, протаномалия, дейтераномалия), особенность которой заключается в недостаточном количестве фотопигмента определённого цвета (красного, синего или зелёного). На данный момент дейтераномалия встречается у 5% мужского населения, имеющих ту или иную аномалию цветового зрения, что представляет собой больше половины всех возможных случаев аномалий цветового зрения (8%).

На данный момент аномальная трихромазия является наиболее распространённым видом цветовой слепоты, особенно такие формы, как дейтераномалия и протаномалия. Особенность данных болезней состоит в недостаточном количестве фотопигментов зелёного и красного цветов, соответственно. Кроме того, данная недостаточность также может быть выражена в различной степени. Так, по тяжести аномалии можно выявить три степени аномальной трихроматии: *A*, *B* и *C*. Среди которых степень *A* – наиболее тяжёлая форма аномальной трихроматии, а *C* – наиболее лёгкая. Определить, какая именно форма аномальной трихроматии характерна для человека, можно благодаря имеющемуся у него порогу цветоразличения, ведь для каждой степени аномалии данные показатели варьируются. На рисунке 1 представлено изменение порога цветоразличения по аномалоскопу на красный, зелёный и синий цвета у нормальных и аномальных трихроматов различной степени тяжести.

Таблица

Пороги цветоразличения по аномалоскопу на красный, зелёный и синий цвета у нормальных и аномальных трихроматов различной степени тяжести

Вид аномалии	Испытание 1 (красный цвет)		Испытание 2 (зеленый цвет)		Испытание 3 (синий цвет)	
	n	M±m	n	M±m	n	M±m
Нормальные трихроматы	154	17,1±0,10	154	15,3±0,09	154	10,3±0,10
Протаномалы типа С	264	18,5±0,10*	264	16,2±0,08*	264	11,3±0,08*
Дейтероаномалы типа С	732	17,9±0,06*	732	15,9±0,06*	732	11,1±0,05*
Протаномалы типа В	276	19,7±0,10*	276	16,6±0,14*	276	11,3±0,1*
Дейтероаномалы типа В	414	18,9±0,13*	414	16,9±0,12*	414	11,7±0,06*
Протаномалы типа А	240	19,8±0,13*	240	17,5±0,14*	240	12,02±0,08*
Дейтероаномалы типа А	60	19,5±0,20*	60	18,1±0,17*	60	12,1±0,10*

Примечание: * – уровень значимости различий (p<0,05) в сравнении с нормальными трихроматами.

Рисунок 1. Пороги цветоразличения по аномалоскопу на красный, зелёный и синий цвета у нормальных и аномальных трихроматов различной степени тяжести [4]

2) Дихромазия. Возникает в случае отсутствия красного, синего или зелёного фотопигмента у человека. Включает в себя дейтеранопию, протанопию, трианопию.

3) Монохромазия, при которой восприятие цвета отсутствует полностью, люди видят мир как чёрно-белую фотографию. Встречается данная аномалия очень редко, то есть примерно у 0,00001% населения Земли.

Методология выбора приложений и анализа их функциональных возможностей.

В качестве поисковой системы для нахождения существующих мобильных приложений для людей с аномалиями цветового зрения использован *Google Play*, так как

именно там люди чаще всего производят поиск интересующих их приложений, а затем и скачивают их для последующего применения.

Поисковые запросы, призванные помочь в нахождении приложений для людей с цветовой слепотой, выполнены на английском языке, а отобранные приложения исключали дубли. Ответом на каждый запрос являлись приложения различного функционального предназначения. Так, найденные приложения можно условно разделить на несколько категорий: «Приложения-инструменты», «Приложения-симуляторы», «Приложения-тесты», «Иные приложения». Приложения из последней категории не учитывались в анализе, так как не имеют прямого отношения к проблеме аномалии цветового зрения.

Использованная в исследовании методология отбора приложений в общем виде представлена следующим образом:

- 1) в качестве исходных данных представлены приложения в *Google Play*;
- 2) среди множества приложений в *Google Play* отобраны такие, которые соответствовали запросам: «*color blindness*», «*daltonism*», «*color vision deficiency*», «*protanomaly*», «*deuteranomaly*», «*tritanomaly*», «*protanopia*», «*tritanopia*», «*deuteranopia*», «*achromatopsia*», «*dichromasia*», «*monochromacy*», «*anomalous trichromasia*»;
- 3) после каждого такого запроса произведена фильтрация найденных приложений с английским языком интерфейса без дубликатов с предыдущими запросами;
- 4) произведено суммирование приложений по соответствующим категориям на основании результатов выполненных запросов, вследствие чего выделяются такие значимые категории приложений, как: а) «Приложения-инструменты»; б) «Приложения-симуляторы»; в) «Приложения-тесты»;
- 5) проведён анализ приложений в каждой категории по их стоимости, количеству скачиваний, разработавшему лицу, рейтингу/комментариям, специальным требованиям и особенностям в применении для людей с различными видами аномалий цветового зрения.

В категории «Приложения-инструменты» содержались приложения для непосредственной помощи людям с различными видами аномалий. Данные приложения помогали при помощи фото, видео или наблюдения за предметами через экран телефона в реальном времени воспринимать информацию об окружающей действительности посредством получения подсказок о цвете объекта, а также корректированием таких характеристик, например, как яркость и насыщенность, которые призваны помочь человеку с проблемами цветовосприятия настроить комфортное представление той или иной информации.

Категория «Приложения-симуляторы» включает в себя приложения для преобразования имеющихся фотографий, видео, изображений в реальном времени через камеру телефона в соответствии с видением данного графического материала людьми с особенностями цветовосприятия.

«Приложения-тесты» включали в себя приложения, которые призваны помочь людям или определить наличие у них особенностей цветовосприятия, или обнаружить отсутствие данных особенностей.

Полученные ответы на запросы после их фильтрации на англоязычные и уникальные приложения можно суммировать. Так, «Приложений-инструментов» оказалось 12, «Приложений-симуляторов» – 5, «Приложений-тестов» – 53.

Применяемые методы отбора, категоризации и анализа приложений полезны не только в решении описываемых задач, но и в последующей подобной обработке данных о других программных средствах медицинского назначения. В частности, данная методология может быть применена в случае структуризации и обработки больших объёмов данных. Кроме того, описанная методология позволит выделить как особенности в характеристиках приложений, так и их преимущества/недостатки, возможные улучшения

и усовершенствования, что, несомненно, лишь повысит качество приложений для пользователей.

Анализ результатов.

При анализе полученных результатов заметно явное превалирование инструментов для тестирования видов цветовой слепоты над инструментами, призванными помочь комфортно справиться с ежедневными задачами людям с особенностями цветовосприятия, и симуляторами. Полезных приложений для людей с аномалиями цветового зрения 16% от общего числа, но именно такие приложения представляют особый интерес.

Так, приложение из каждой категории проанализировано по таким показателям, как количество скачиваний, стоимость использования приложения, разработчик приложения, рейтинг, наличие специальных требований для использования приложения. Результаты анализа характеристик для «Приложений-инструментов» представлены в таблице 1, ниже расположены диаграммы с результатами показателей частоты скачивания, классификации разработчиков приложений, специальных требований.

Таблица 1. Анализ характеристик «Приложений-инструментов»

Стоимость	Бесплатно (100%), платно (0%)
Количество скачиваний	>1 (8,333%), >50 (16,668%), >500 (8,333%), >1000 (33,333%), >10 000 (25%), >100 000 (8,333%) Рисунок 2
Разработчик	Неизвестный (33,333%), самостоятельный разработчик (50%), коммерческая разработка (16,667%) Рисунок 3
Рейтинг	Нет рейтинга (100%), 2-2,9 (0%), 3-3,9 (0%), 4-4,9 (0%), 5 (0%)
Специальные требования	Камера (66,667%), Интернет (50%), память (25%), дополнительные требования (50%) Рисунок 4

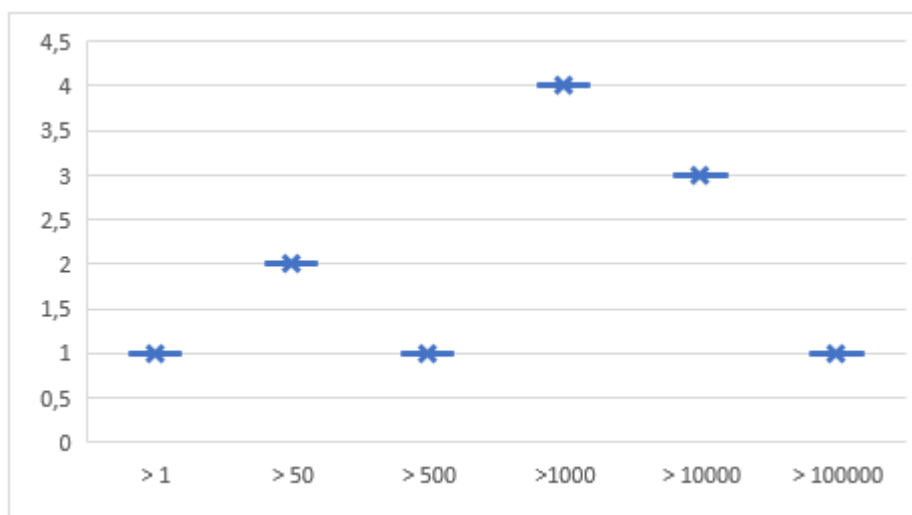


Рисунок 2. Зависимость частоты скачиваний «Приложений-инструментов» от их количества

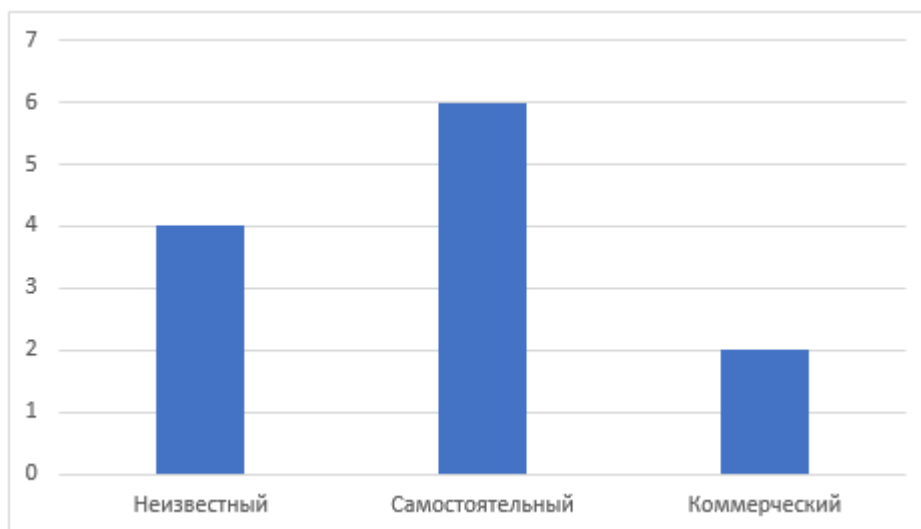


Рисунок 3. Количество «Приложений-инструментов» в зависимости от категории разработчика

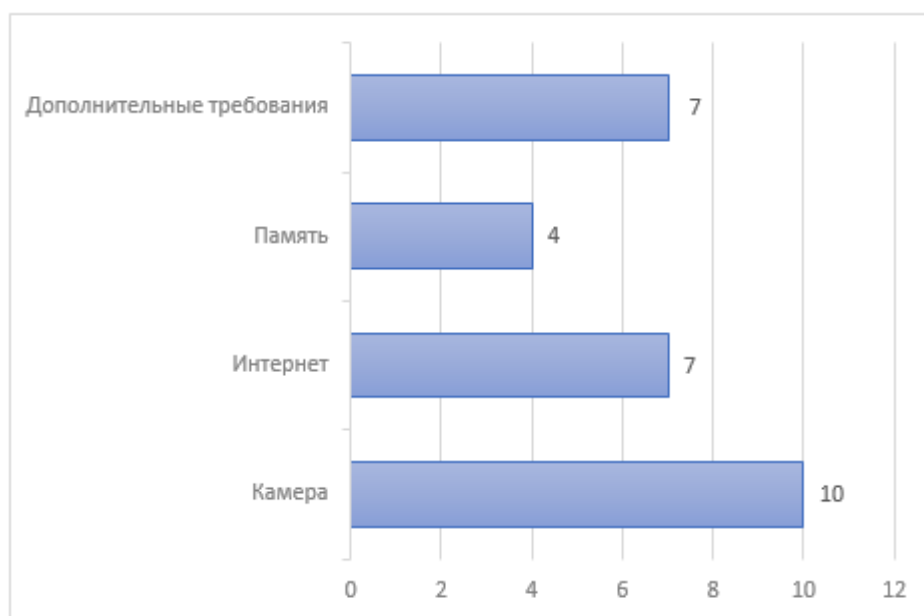


Рисунок 4. Количество «Приложений-инструментов» в зависимости от специальных требований

Исходя из полученных в процессе анализа «Приложений-инструментов» результатов, выделены следующие особенности приложений:

– во всех случаях приложения позволено скачивать бесплатно, что теоретически должно привлекать потенциальных пользователей и увеличивать количество скачиваний мобильных приложений;

– соответственно, среди приложений наблюдается достаточно большое количество таких, количество скачиваний которых превышает 1000, 10000 и даже 100000, что говорит о достаточной популярности и необходимости использования приложений;

– в качестве разработчиков чаще выступают самостоятельные разработчики, однако присутствуют приложения, разработанные коммерческими организациями, в которых обычно можно наблюдать более высокий уровень разработанных приложений;

– достаточно сложно оценить реальную пользу приложений для пользователей в силу отсутствия рейтинга и комментариев, анализ которых послужил бы основой для исследования *usability*-показателей приложений;

– среди особых требований стоит выделить такие распространённые требования, как наличие камеры, что достаточно очевидно, ведь для распознавания цвета и концентрации на объекте необходимо навести на него камеру телефона, среди иных требований особо отличаются такие, как присутствие подключения к сети «Интернет», доступ к памяти и иные специальные требования (например, отключение спящего режима, управление функцией вибросигнала);

– кроме того, почти 42% приложений представляют собой лишь идентификаторы цвета объектов, на которые в данный момент наведена камера телефона, а также определители цветов на фотографиях и видео; ещё 42% приложений имеют фильтры для помощи в отображении картинок, видео или окружающего мира для людей с дихромазией, формами которой являются протанопия, дейтеранопия и тританопия; оставшиеся же 16% позволяют настроить яркость и контрастность изображения (очевидно, что такие приложения в большей степени могут помочь людям с аномальной трихромазией, среди форм которой выделяют протаномалию, дейтераномалию и тританомалию).

Результаты анализа характеристик и особенностей «Приложений-симуляторов» представлены в таблице 2, ниже расположены диаграммы с результатами показателей частоты скачивания, классификации разработчиков приложений, специальных требований.

Таблица 2. Анализ характеристик «Приложений-симуляторов»

Стоимость	Бесплатно (100%), платно (0%)
Количество скачиваний	>100 (20%), >500 (20%), >10 000 (20%), >100 000 (40%) Рисунок 5
Разработчик	Самостоятельный разработчик (80%), коммерческая разработка (20%) Рисунок 6
Рейтинг	Нет рейтинга (100%), 2-2,9 (0%), 3-3,9 (0%), 4-4,9 (0%), 5 (0%)
Специальные требования	Камера (100%), Интернет (40%), память (60%), дополнительные требования (60%) Рисунок 7

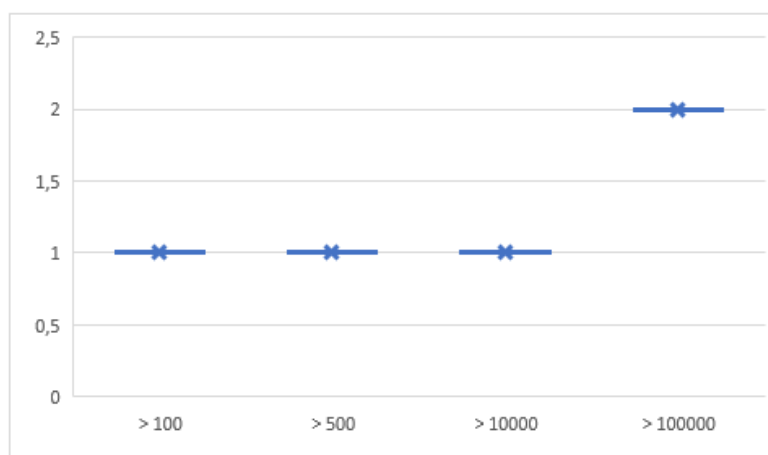


Рисунок 5. Зависимость частоты скачиваний «Приложений-симуляторов» от их количества

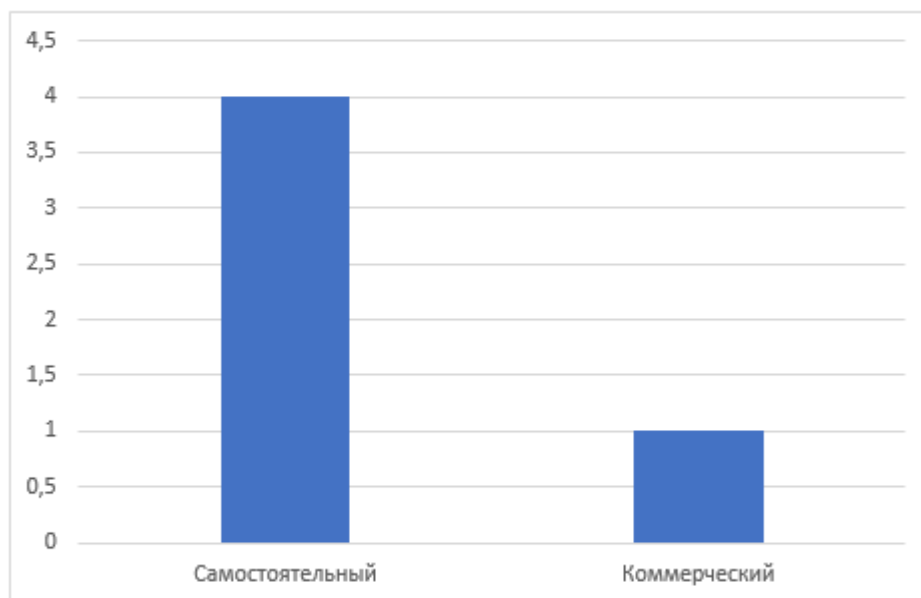


Рисунок 6. Количество «Приложений-симуляторов» в зависимости от категории разработчика



Рисунок 7. Количество «Приложений-симуляторов» в зависимости от специальных требований

Анализ приложений категории «Приложения-симуляторы» позволил выделить следующие особенности:

– как и в случае с «Приложениями-инструментами», все симуляторы можно было скачать бесплатно, то есть доступ к ним открыт;

– 40% приложений имеют количество скачиваний, превышающее 100000, что говорит об актуальности и популярности приложений, предназначенных для помощи разработчикам в создании устройств для людей с особенностями цветовосприятия;

– в данном случае разработчиками приложений выступили самостоятельные разработчики, количество которых равно 80%;

– достаточно сложно оценить реальную пользу приложений для пользователей в силу отсутствия рейтинга и комментариев;

– наличие камеры обязательно для всех приложений, также необходим доступ к памяти для загрузки и сохранения изображений, для 2-х приложений необходимо наличие подключения к Интернету, для 3-х приложений следует учитывать специальные требования;

– все рассмотренные приложения данной категории ориентированы на помощь в симуляции изображений в соответствии с видением людей с дихромазией.

Таблица 3 демонстрирует анализ характеристик и особенностей «Приложений-тестов», а также диаграммы с показателями частоты скачиваний, классификацией разработчиков, рейтингом, специальными требованиями.

Таблица 3. Анализ характеристик «Приложений-тестов»

Стоимость	Бесплатно (92,453%), платно (7,547%)
Количество скачиваний	>5 (1,887%), >10 (15,094%), >50 (1,887%), >100 (11,32%), >500 (9,434%), >1000 (16,981%), >5000 (13,208%), >10000 (9,434%), >50000 (3,774%), >100000 (15,094%), 1000000(1,887%) Рисунок 8
Разработчик	Неизвестный (47,17%), самостоятельный разработчик (35,85%), коммерческая разработка (16,98%) Рисунок 9
Рейтинг	Нет рейтинга (92,453%), 2-2,9 (1,887%), 3-3,9 (0%), 4-4,9 (5,66%), 5 (0%) Рисунок 10
Специальные требования	Камера (5,66%), Интернет (84,91%), память (47,17%), дополнительные требования (90,566%) Рисунок 11

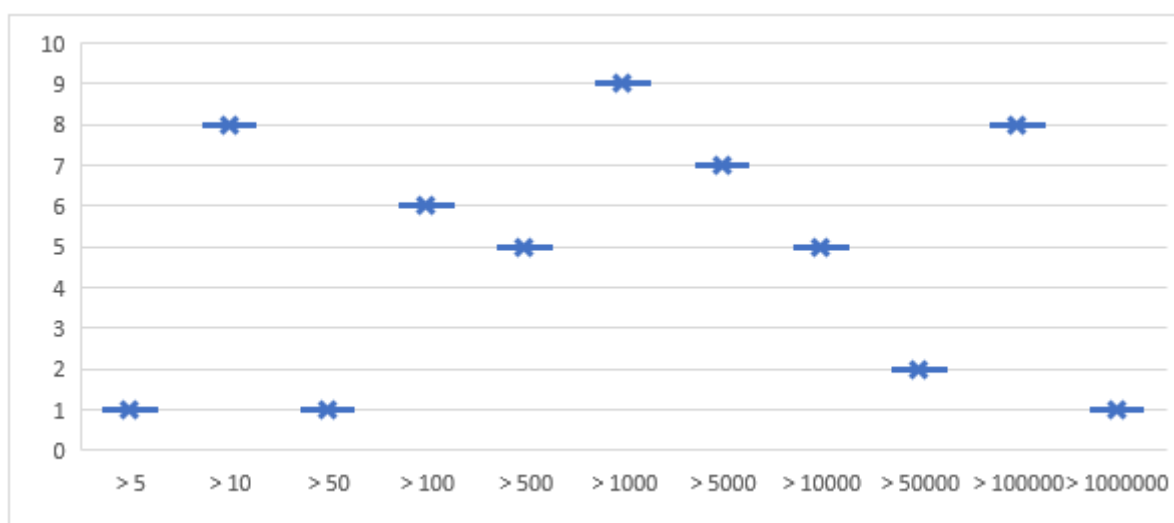


Рисунок 8. Зависимость частоты скачиваний «Приложений-тестов» от их количества

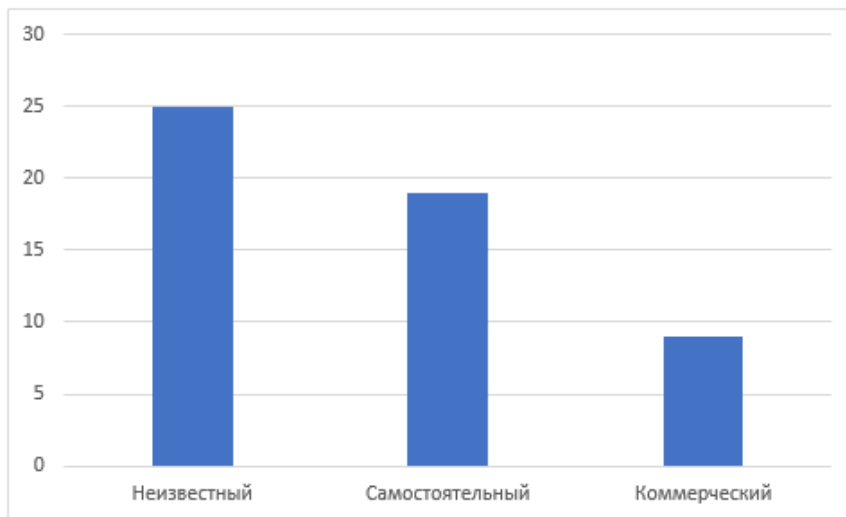


Рисунок 9. Количество «Приложений-тестов» в зависимости от категории разработчика

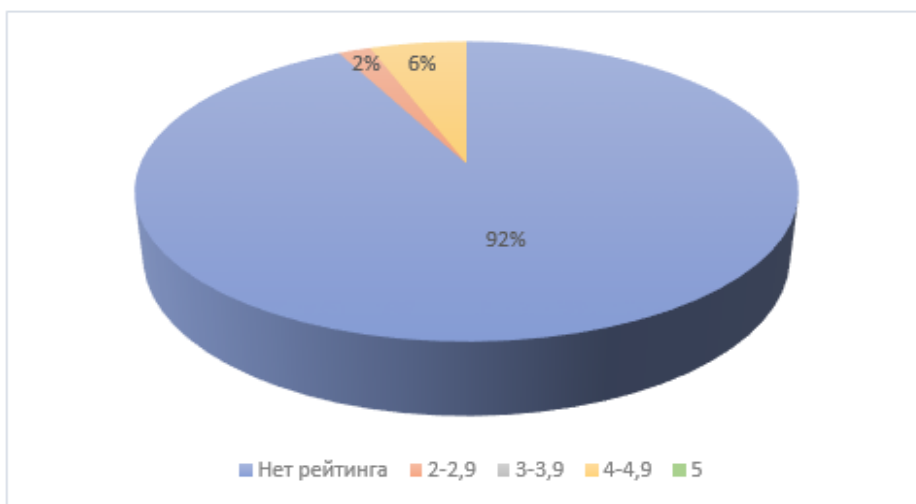


Рисунок 10. Рейтинг «Приложений-тестов»

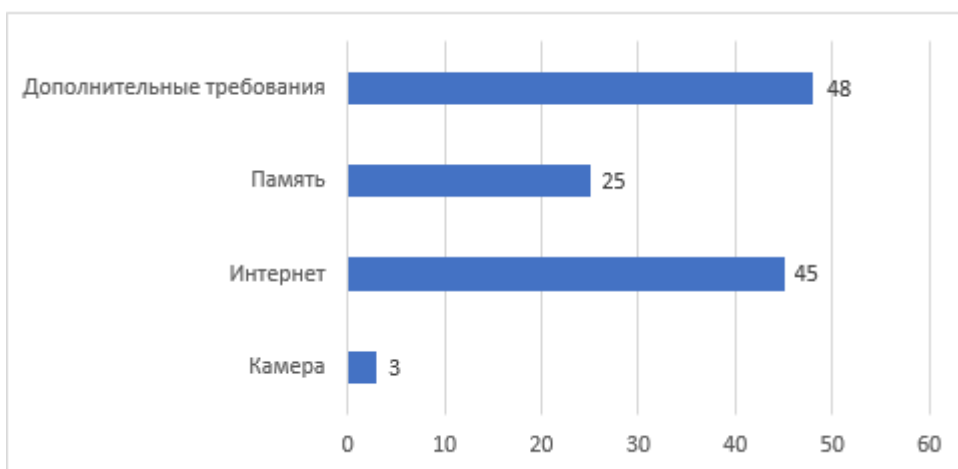


Рисунок 11. Количество «Приложений-тестов» в зависимости от специальных требований

От общего количества приложений, выделенных для анализа в соответствующих категориях, приложения-тесты составляют 84%, хотя «Приложения-тесты» служат лишь для тестирования и выявления аномалий цветового зрения, когда «Приложения-инструменты» предназначены для помощи людям с выявленными цветоаномалиями.

Среди особенностей данных мобильных приложений обозначены следующие:

- среди «Приложений-тестов» были выявлены платные и бесплатные приложения, хотя платные и составили чуть более 7% процентов от общего числа приложений;
- у большего количества приложений количество скачиваний превышает 1000, 5000, 10000, 50000, 100000 и даже 1000000;
- разработчики таких приложений чаще являлись неизвестными, то есть такими, которых не удалось однозначно отнести к категории самостоятельных разработчиков или коммерческих организаций;
- количество приложений без рейтинга остаётся достаточно большим и составляет примерно 92%;
- в отличие от предыдущих категорий приложений, «Приложения-тесты» чаще требовали наличия у пользователя подключения к Интернету и иных дополнительных требований.

Кроме того, был проведён анализ «Приложений-тестов» с точки зрения смысловой составляющей результатов. В соответствии с семантикой результатов тестов получилось разделить приложения на категории, представленные в таблице 4.

Таблица 4. Категоризация «Приложений-тестов» в зависимости от результата тестирования

Категория результата	Количество приложений, %
Указание теста на наличие проблем с цветовосприятием	52,83
Отсутствие результата	16,981
Определение наличия одного из видов дихромазии	11,321
Тест на возможность идентификации оттенков цветов	5,66
Количество правильных ответов	5,66
Определение дейтеранопии или протанопии	3,774
Указание на возможный диагноз <i>deutan</i>	1,887
Подписи под тестовыми картинками с результатом нормального видения	1,887

Очевидно, что большая часть тестовых приложений не предоставляет конкретных результатов с описанием вида цветоаномалии, а лишь даёт простой ответ, говорящий или о присутствии проблем с цветовосприятием, или же об отсутствии вышеупомянутых проблем.

Достаточно большое количество тестов в результате вообще не предоставляет пользователю никакого ответа о наличии проблем с цветовым зрением. Однако 11,321% приложений помогают определить наличие у пользователя одного из видов дихромазии – дейтеранопии, тританопии или протанопии. А 5,66% приложений призваны содействовать в тестировании возможности пользователя различать оттенки тех или иных цветов.

Помимо вышерассмотренных характеристик и особенностей приложений необходимо также упомянуть о том, как часто разработчики обновляют свои приложения, что так или иначе влияет на качество поддержки разработчиками приложений, а также последующую популярность приложений у пользователей. Кроме того, проанализировано количество приложений, созданных в прошлом году, что должно показать актуальность тех или иных категорий приложений в настоящее время. Соответствующий анализ представлен в таблице 5.

Таблица 5. Сравнение приложений по актуальности обновления и создания

Категория приложений	Критерий	
	Обновлены в 2021-м году (но созданы ранее)	Созданы в 2021-м году
«Приложения-инструменты»	1	2
«Приложения-симуляторы»	0	0
«Приложения-тесты»	1	14
Общее количество	2	16

В таблице 5 показано сравнение приложений по актуальности обновления и создания, так, видно, что в 2021-м году обновлены приложения из категорий «Приложения-инструменты» и «Приложения-тесты». Создано в 2021-м году 2 приложения в категории «Приложения-инструменты», что говорит о неугасающей популярности и необходимости таких приложений, а также 14 приложений из категории «Приложения-тесты», что составило целых 26,42% от общего количества всех «Приложений-тестов».

Анализ *usability*-показателей приложений.

Приложения для людей с аномалиями цветового зрения имеют свои проблемы и недостатки. При использовании приложений люди ожидают от них корректной работы, потому что часто именно наличие проблем ведёт к прекращению использования. Рассмотрены отзывы пользователей о «Приложениях-тестах», ведь именно данная категория содержит в себе приложения с комментариями. На рисунке 12 представлено количественное распределение приложений по категориям *usability*-проблем.



Рисунок 12. Проблемы с *usability* «Приложений-тестов»

Так, проведя анализ комментариев, оставленных под 4-мя приложениями, получилось разделить их на семантические группы, которые в общем и целом обозначены так: «Проблемы с непонятным использованием», «Баги», «Отсутствие необходимого функционала», «Проблема совместимости с некоторыми типами устройств».

Из 4-х рассмотренных приложений у 3-х пользователи отметили отсутствие инструкций по использованию, а также отсутствие интуитивно понятного использования. В качестве примеров можно привести следующие комментарии: «я не понимаю, как играть», «как в это играть» (слово «играть» употреблено в связи с позиционированием разработчиками некоторых тестов в качестве игр, конечной целью которых является выявление аномалий цветового зрения).

У всех приложений пользователи обнаружили те или иные баги, которые можно разделить на две категории: 1) отсутствие заявленного функционала (примеры: «зашла в

игру и вижу цифру «12», нет ни вариантов ответа, ни поля для ввода чисел», «тест предполагает вопрос и ответы на него...к сожалению, это не тест, а жалкое подобие теста», «некоторые картинки пустые, проверил на 12 разных людях, а пустой ответ не принимает», «одна картинка рассчитана именно на дальтоники, которые различают оттенки зелёного. Обычному человеку, не страдающему дальтонизмом, эта картинка будет без цифры, так что немного неправильно сделана игра, обычный человек может подумать, что он дальтоник»); 2) неточные полученные результаты, которые менялись при многократном прохождении теста («первый раз – 8/10, второй – 9/10», «результат абсолютно не соответствует действительности», «неправильно пишет заключение»).

Довольно часто пользователи указывали на проблемы с отсутствием необходимого (на взгляд пользователей) функционала. В качестве примеров можно указать такие комментарии, как: «название надо исправить на цветоигра, так как к тесту данная программа отношения не имеет. Нет интерпретации результатов тестов и нет нормального заключения. Лишь надпись о том, что есть проблемы», «если тебе выдают проблемы со зрением, то не говорят, почему так», «мало уровней», «нет объяснений, где ответил неправильно и почему», «нет интегрального объяснения результатов», «объяснений хотелось бы».

Одно из приложений включало комментарий пользователя о проблемах с совместимостью приложения и модели устройства. В качестве примера можно указать комментарий: «на *Huawei g510* не отображаются картинки, просто белый экран». Стоит отметить, что данная проблема была устранена разработчиками.

Но не все комментарии о проблемах с приложением своевременно исправляются. Так, например, 7 марта 2020-го года одним из пользователей был оставлен комментарий: «переустановила приложение 7 марта, но проблема осталась (после установки иконка была андроидная по умолчанию, но не радужка), *android8.0*, может, проблема только у меня». До этого на первый комментарий о проблеме разработчики 29 января 2020-го года пообещали ее исправить, обновили версию приложения они 7 марта. Когда же пользователь попробовал обновить приложение и в очередной раз запустить его, то столкнулся с той же ошибкой, указав на это в комментарии, но никаких ответов или обновлений приложения пользователь так больше и не увидел.

Применяемый анализ и категоризацию комментариев по тематическим группам для последующего совершенствования *usability*-показателей приложений также вполне следует применить в случае исследования больших объёмов данных в приложениях для пользователей с аномалиями цветового зрения. Выявление недостатков в *usability* приложений поможет разработчикам в своевременном исправлении возникающих проблем, что, безусловно, повысит качество и точность приложений для пользователей.

Заключение.

Таким образом, исследованные приложения разделены на приложения для непосредственной помощи людям с особенностями цветовосприятия, приложения-симуляторы и тесты.

В качестве особенностей проанализированных приложений выделены следующие:

– среди приложений много тестов, но сравнительно мало «Приложений-инструментов», хотя реализация последних не менее важна, так как именно такие приложения помогают пользователям с аномалиями цветового зрения преодолевать ежедневные трудности с восприятием той или иной визуальной информации;

– рассмотренные «Приложения-симуляторы» чаще служили для моделирования изображений окружающего мира в соответствии с восприятием мира пользователями с дихромазией, хотя, например, такой вид аномальной трихромазии, как дейтераномалия, является самым распространённым видом цветовой слепоты, но учитывается в «Приложениях-симуляторах» крайне редко;

– для тестирования на наличие такого вида цветовой слепоты, как дихромазия, и созданы «Приложения-тесты», но это не отменяет необходимости выявления и иных форм аномалий цветового зрения, а также их степеней (в случае аномальной трихромазии);

– большая часть тестовых приложений не предоставляет конкретных результатов с описанием вида цветоаномалии, а лишь даёт простой ответ, говорящий или о присутствии проблем с цветовосприятием, или же об отсутствии вышеупомянутых проблем, однако более точный результат повысил бы качество тестирования;

– большая часть приложений предназначена для их бесплатного использования, что говорит о высоком уровне доступности приложений;

– количество скачиваний во всех категориях часто превышало 1000 и даже 10000 или 100000, что говорит о наличии интереса со стороны пользователей к подобным приложениям во всех категориях;

– в качестве разработчиков часто выступали как самостоятельные разработчики, так и коммерческие организации, что позволяет судить о высокой степени релевантности темы разработки приложений для лиц с нарушениями цветового зрения в целом;

– имеющиеся оценки приложений пользователями показали, что рейтинг приложений достаточно высок, хотя определённого рода проблемы с эксплуатацией мобильных приложений всё же периодически наблюдаются и нуждаются в своевременном исправлении;

– довольно активное обновление и создание приложений в 2021-м году говорит об интересе со стороны разработчиков к проблеме нарушения цветового зрения, а также об их желании реализовать безбарьерный процесс взаимодействия людей, имеющих особенности цветовосприятия, с окружающим миром;

– необходимость доступа приложений к камере, Интернету, памяти потенциально может приносить пользователю неудобства и затруднения в определённых ситуациях.

Кроме того, некоторые из «Приложений-тестов» исследованы на предмет наличия проблем с *usability*, среди данных проблем выделены баги, проблемы с инструкцией по использованию, а также проблемы с недостатком необходимого функционала для пользователей и совместимости с различными устройствами. В качестве общих рекомендаций по улучшению приложений отмечается акцентирование внимания на тщательном тестировании создаваемых приложений перед размещением на какой-либо площадке, своевременном исправлении недочётов, систематическом обновлении приложений, рассмотрении пожеланий пользователей касательно добавления определённого функционала, адаптации приложений под как можно большее количество типов устройств, предоставлении пользователям быстрых в плане изучения и понимания инструкций по использованию приложений.

Стоит также отметить, что важное значение в выполненном анализе функциональных возможностей приложений и в исследовании *usability*-показателей данных приложений имели применяемые методы, которые, будучи использованными на сравнительно небольшом объёме данных, найдут применение в качестве технологий больших данных с целью анализа приложений для лиц с нарушениями цветовосприятия.

Список использованных источников

[1] Брусенцова, Т. П. Проектирование интерфейсов пользователя : пособие для студентов специальности 1-47 01 02 «Дизайн электронных и веб-изданий» / Т. П. Брусенцова, Т. В. Кишкурно. – Минск : БГТУ, 2019. – 52 с.

[2] Шиффман, Х. Р. Ощущение и восприятие / Х. Р. Шиффман. – Санкт-Петербург : Питер, 2003. – 222 с.

[3] Chaparro, A. Applications of Color in Design for Color-Deficient Users / A. Chaparro // J. of Ergonomics in Design. – 2017. – № 25(1). – P. 23-30.

[4] Таблица пороги цветоразличения по аномалоскопу на красный, зеленый и синий цвета у нормальных и аномальных трихроматов различной степени тяжести [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eyerpress.ru/image.aspx?50923>. – Дата доступа: 30.03.2022.

BIG DATA TECHNOLOGIES IN APPLICATIONS FOR USERS WITH COLOR DISORDERS

V.V. SINITSYNA

*Postgraduate student of the BSUIR,
Master of engineering*

A.M. PRUDNIK, PhD

*Associate Professor, Department of
Engineering Psychology and Ergonomics
BSUIR*

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus

E-mail: vladasinitsina1@gmail.com

Abstract. Especially important to use the capabilities of mobile applications to create comfortable conditions for the activities of people with certain characteristics. In particular, applications for the category of people with visual impairments such as color vision anomalies deserve exceptional attention. The proposed methods for analyzing the characteristics of mobile applications for people with color vision will help to better understand the relevance of these applications, the features of their use and the need for further improvements, the implementation of which will improve the quality of interaction between people with color vision anomalies and applications. In addition, the presented methods for studying the characteristics of applications and their usability indicators are useful in structuring and processing big data in applications for users with color vision impairments.

Keywords: color blindness, color perception features, mobile applications, download frequency, rating, functional capabilities, big data.

УДК [334.7]

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ АКТИВИЗАЦИИ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПРИ ПЕРЕХОДЕ ВУЗОВ К МОДЕЛИ «УНИВЕРСИТЕТ 3.0»



И.В. Марахина

доцент кафедры экономики, к.э.н., доцент

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

E-mail: marahina@bsuir.by

Более 12 лет работает в отраслях науки и образования. Сферы интересов: инновационное развитие, теория организации, маркетинг.

Аннотация. Одним из важных направлений перехода вузов к модели «Университет 3.0» является привлечение обучающихся в инновационную и предпринимательскую деятельность и получение от нее максимального эффекта. В статье выделены преимущества такой деятельности для обучающихся и обоснована актуальность исследования активизации инновационного предпринимательства в белорусских вузах. Для такого исследования сформулированы гипотезы, выбран объект исследования. Для сбора информации используется анкетирование: в статье приводятся основные вопросы, которые вошли в анкету.

Ключевые слова: Университет 3.0, предпринимательский университет, анкетирование, исследование, инновации

В настоящее время одним из направлений развития белорусской системы высшего образования является переход вузов к модели «Университет 3.0». Для такой модели характерна реализации трех составляющих: обучения, науки и предпринимательства. В свою очередь для этого очень большое внимание должно быть уделено работе со студентами и магистрантами, обладающими значительным потенциалом для коммерциализации результатов их научно-исследовательской деятельности и активизации предпринимательства [[1]; 2]. Так, в соответствии с Государственной программой инновационного развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы одним из важных направлений будет стимулирование участия молодежи в сфере научно-технической и инновационной деятельности, формирование и развитие новых бизнес-моделей молодежной занятости в инновационной сфере, поддержка молодежных стартапов [[3]]. Очень важным является привлечение обучающихся в инновационную предпринимательскую деятельность и получение максимального эффекта от такой деятельности. Это позволяет достичь задачу предпринимательского университета – выпускать инновационные кадры, активно участвовать в формировании и развитии инновационной экономики [[2]].

Следует отметить ряд следующих преимуществ инновационной предпринимательской деятельности обучающихся.

- Высокий уровень мотивации;
- Возможности для самореализации;

–Получение практического опыта, практиориентированность обучения;
–Рост самозанятости и снижение безработицы;
–Создание инновационных компаний на базе инновационных разработок обучающихся, как форма коммерциализации знаний. «Одним из важных направлений работы Университета 3.0 является активизация коммерциализации результатов научно-исследовательской деятельности посредством создания новых организаций, стартапов, что в свою очередь позволяет формировать и развивать предпринимательскую и инновационную экосистему и обеспечивает занятость населения высококвалифицированным трудом. Такая деятельность затрагивает работу всего региона, а университет выступает точкой роста инновационной активности. В этом случае вокруг университетов формируются предпринимательская экосистема с развитой инновационной инфраструктурой [[4]]. Например, компания Google появилась как продолжение научной работы студентов Стэнфордского университета.

–Активизация инновационной деятельности университета и работы его экосистемы в целом.

–Повышение престижа университета и привлечение широкого круга партнеров, заинтересованных в высококлассных специалистах.

Вышесказанное и определяет актуальность исследования возможностей активизации инновационного предпринимательства среди обучающихся и выработки мероприятий по реализации таких возможностей в белорусских вузах. Объектом исследования являются учащиеся и условия их обучения.

В рамках проводимого исследования были сформулированы следующие гипотезы.

– Обучающие регулярно генерируют идеи, которые можно коммерциализировать.
– Обучающие планируют заниматься предпринимательской деятельностью.
– Для активизации предпринимательства среди обучающихся необходимо создание определенных условий. Такие условия связаны: с обучением и подготовкой к предпринимательской деятельности, системой мотивации, помощью и консультациями специалистов, доступом к финансовым и материальным ресурсам, предпринимательской культурой и т.д.

В качестве метода исследования был выбран письменный опрос студентов и магистрантов. Для опроса разработана анкета, которая включает девять вопросов:

1. Ваш возраст.
2. Ваш пол.
3. Занимались (-етесь) ли Вы предпринимательской деятельностью?
4. Планируете ли Вы заниматься предпринимательством?
5. Для того, чтобы Вы стали предпринимателем, Вам необходимы...
6. Возникают ли у Вас новые идеи, изобретения, инновации, которые, по Вашему мнению, были бы коммерчески эффективными.
7. Хотели бы Вы реализовать, воплотить на практике свои новые идеи, изобретения, инновации (задается при положительном ответе на вопрос 7).
8. Как Вы думаете можно ли было во время учебы реализовать, воплотить свои новые идеи, изобретения, инновации? (задается при положительном ответе на вопрос 7).
9. Оцените важность следующих элементов от 0 до 10 для появления и воплощения идей, изобретений, инноваций (для каждого варианта 2 оценки).

В настоящее время анкету заполнило более 200 обучающихся БГУИР. Анализ полученных данных позволит проверить поставленные гипотезы и выработать рекомендации по формированию Университета 3.0 для БГУИР и других университетов страны.

Список использованных источников

[1] Марахина, И.В. Коммерциализация результатов научно -технической деятельности в условиях перехода вузов к модели «Университет 3.0» / И.В. Марахина // Высшая школа: проблемы и перспективы : сборник материалов XIV Междунар. науч.-метод. конф., Минск, 29 ноября 2019 г. / Акад. управления при Президенте Респ. Беларусь. – Минск, 2019. – С. 91–93.

[2] Марахина, И.В. Организация работы со студентами при переходе вузов к модели «Университет 3.0» / И.В. Марахина // Подготовка научных кадров : опыт, проблемы, перспективы: материалы Международной научно-практической конференции. Минск, 6 декабря 2019 г. / ГУО «Институт подготовки научных кадров НАН Беларуси». – Минск 2020. – С. 85-88.

[3] Государственная программа инновационного развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы. Утверждена Указом Президента Республики Беларусь от 15.09.2021 № 348 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pravo.by/upload/docs/op/P32100348_1632171600.pdf. – Дата доступа: 15.02.2022.

[4] Марахина, И.В. Создание новых организаций как способ коммерциализации результатов научно-исследовательской деятельности в Университете 3.0 / И.В. Марахина // Актуальные проблемы развития системы образования в условиях информационного общества : сборник статей международной научнопрактической дистанционной конференции, 29 декабря 2020 года / редкол. : М. М. Жудро [и др.] ; под общ. ред. С. А. Данилевича. – Могилев : МГОИРО, 2021. – С. 101–103. .

RESEARCH OF OPPORTUNITIES TO ACTIVATE ENTREPRENEURIAL ACTIVITIES OF STUDENTS DURING THE TRANSITION OF HIGHER EDUCATIONAL INSTITUTIONS TO THE “UNIVERSITY 3.0” MODEL

I. V. MARAHINA

*Associate professor of the Department of Economics of BSUIR,
Candidate of Economic Sciences, Associate Professor*

Abstract. One of the important directions for the transition of universities to the “University 3.0” model is to attract students to innovative and entrepreneurial activities and get the maximum effect from it. The article highlights the advantages of such activities for students and substantiates the relevance of research into the activation of innovative entrepreneurship in Belarusian universities. For such a study, hypotheses are formulated, the object of study is chosen. Questioning is used to collect information: the article contains the main questions that were included in the questionnaire.

Keywords: University 3.0, entrepreneurial university, survey, research, innovation

УДК 004.032.26

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР АЛГОРИТМОВ МАТИРОВАНИЯ НА ИЗОБРАЖЕНИИ



А-К.Х. Исмаил
студент гр. 850503,
кафедра ЭВМ, БГУИР



Д.Ю. Перцев
кандидат технических наук,
кафедра ЭВМ, БГУИР

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

E-mail: mrstormproxdd@gmail.com, pertsev@bsuir.by

Д.Ю. Перцев

Окончил аспирантуру Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники (2016), защитил диссертацию в совете 05.13.01 (2020). Является доцентом кафедры ЭВМ.

А-К.Х. Исмаил

Является студентом Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники по специальности 1-40 02 01 “Вычислительные машины, системы и сети”.

Аннотация. Проанализированы алгоритмы матирования на изображении, их преимущества и недостатки. Представлен авторский подход, применяемый на различных вычислительных архитектурах, проведена количественная и качественная сравнение авторской версии с альтернативными.

Ключевые слова: Матирование изображения, Решение в замкнутом виде, Robust matting, Глубокие нейронные сети, Самоприспосабливающийся алгоритм на основе патчей.

Введение.

Матирование изображения I является важной задачей в области компьютерного зрения, основанной на разделении заднего плана B (от англ. background) и переднего плана F (от англ. foreground):

$$I = \alpha F + (1 - \alpha)B, \quad (1)$$

где F – изображение переднего плана;

B – изображение заднего плана;

α – карта прозрачности переднего плана, элементы в которой принимают значение в диапазоне $[0,1]$ (значение 0 – пиксель с координатой (x, y) принадлежит заднему плану, значение 1 – переднему плану).

При работе с изображениями в формате RGB имеется 7 неизвестных (для изображения переднего плана – FR, FG, FB; для заднего плана – BR, BG, BB; карта прозрачности α) и три уравнения (по одному на каждый цветовой канал), что делает эту задачу в высокой степени неопределённой. Решением указанной проблемы является формирование вспомогательной информации – например, тримапов [1] и набросков [2], представляющих собой грубую сегментацию (как правило, выполненную пользователем вручную), или заранее

подготовленное изображение заднего плана. В случае с матированием видео в качестве дополнительных данных можно использовать информацию из предыдущих кадров.

Данная работа сфокусирована на рассмотрении существующих алгоритмов матирования видео в реальном времени, подборе подходящего для применения, в первую очередь, на мобильном телефоне с платформой Android.

Обзор алгоритмов

На данный момент разработано множество алгоритмов матирования видео [3]: решение в замкнутом виде, Robust matting, алгоритм, основанный на обучении, применение глубоких нейронных сетей, самоприспосабливающийся на основе патчей.

Алгоритм решения в замкнутом виде

В работе [4] представлено решение в замкнутом виде [5] для извлечения карты прозрачности α из изображений и доказательство того, что возможно аналитически оценить F и B , получить квадратичную функцию потерь для α , которая определяется с помощью поиска точки оптимума функции потерь. Основным преимуществом алгоритма заключается в том, что для расчета значений α требуется небольшое число входных данных (например, пользовательских набросков).



Рисунок 1. Пример работы алгоритма решения в замкнутом виде: *a* – изображение павлина с набросками: синий – задний план, красный – передний план; *в* – изображение огня с набросками; *б*, *г* – результаты работы алгоритма

Robust matting

В данном подходе упор сделан на оптимизацию выборки пикселей, на основе которых выполняется отнесения неопределённого пикселя к одному из планов. В работе [6], посвящённой данному подходу утверждается, что многие алгоритмы, разработанные до этого, чрезмерно полагаются на тримапы, которые задаются пользователем. В данном алгоритме выполняется оценка вероятности принадлежности выбранных пикселей к неопределённым областям; в выборку попадают лишь те, для которых эта вероятность достаточно высока, что позволяет существенно повысить качество маркировки.ц

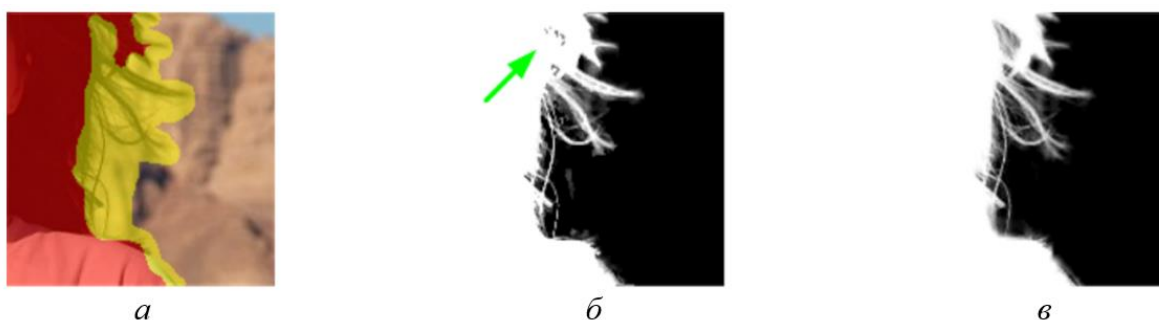


Рисунок 2. Пример работы алгоритма robust matting: *a* – исходное изображение с пользовательским вводом; *б* – результат работы алгоритма решения в замкнутом виде; *в* – результаты работы алгоритма

На рисунке 2 представлено сравнение результата работы алгоритмов robust matting и решения в замкнутом виде, описанного ранее. Визуально заметно, что robust matting выполняет более качественное матирование. На рисунке 2.б стрелкой отмечен пример артефакта, отсутствующий на рисунке 2.в.

Алгоритм, основанный на обучении

Алгоритм, основанный на обучении [2], основан на применении нейронных сетей с обучением с учителем. Авторами были предложены два подхода: глобальный и локальный. Первый подходит для использования совместно с алгоритмами, использующими тримапы в качестве дополнительной информации, в то время как последний предназначен для алгоритмов, основанных на использовании набросков. На рисунке 3 представлен результат работы локального подхода.



Рисунок 3. Пример работы алгоритма, основанного на обучении: *а* – исходное изображение с набросками: синий – передний план, красный – задний план; *б* – результат работы алгоритма

Как уже отмечалось, глобальный подход для определения принадлежности неопределённых пикселей к одному из планов использует тримапы. На рисунке 4.в зелёным цветом выделен пиксель в неопределённой области тримапа, который необходимо отнести к одному из планов, а синим и красным цветами выделены пиксели, относящиеся наверняка к переднему и заднему планам. На основе полученной информации глобальный подход выполняет маркировку пикселя.

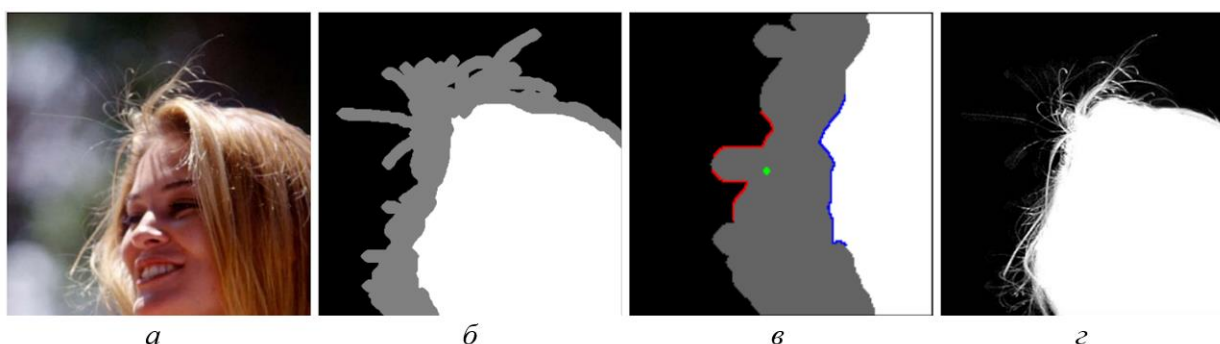


Рисунок 4. Пример работы алгоритма, основанного на обучении: *а* – исходное изображение; *б* – пользовательский тримап; *в* – пример работы алгоритма; *г* – результат работы алгоритма

Глубокие нейронные сети для матирования изображений

Впервые использование глубоких нейронных сетей в задаче матирования изображений было приведено в работе Deep Image Matting [6]. Глубокая нейронная сеть, представленная в данной работе, состоит из двух частей: первая часть – это глубокий свёрточный кодер-декодер, на вход которого поступает исходное изображение и соответствующий ему тримап, а результатом работы является оценка коэффициентов для

исходного изображения. Второй частью является небольшая свёрточная нейронная сеть, назначение которой – повышение точности и резкости результата работы первой части. Полная архитектура данной сети представлена на рисунке 5.

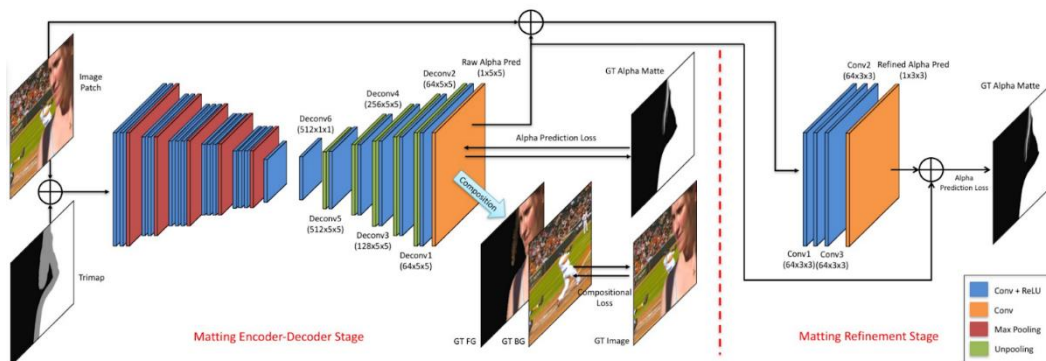


Рисунок 5. Архитектура сети

На рисунках 6 и 7 представлено сравнение данного алгоритма и его предшественников. Как видно из сравнения, данный подход обеспечивает качество, которое сильно превосходит остальные подходы к матированию изображений.

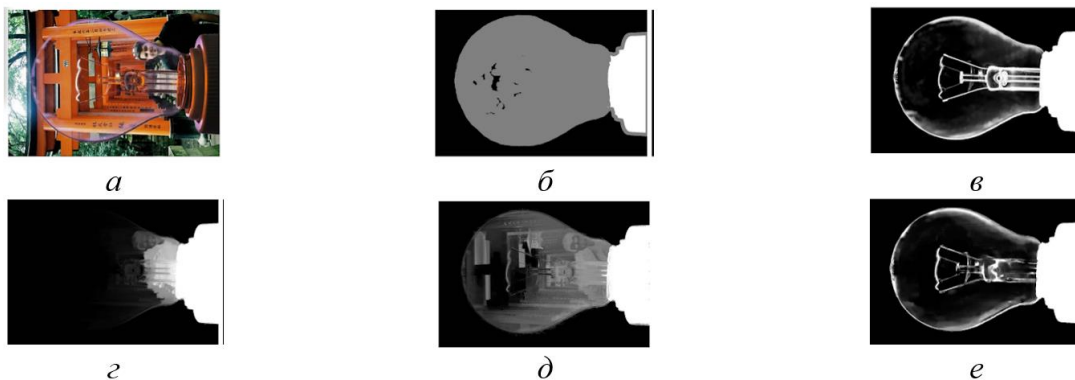


Рисунок 6. Сравнение эффективности применения алгоритмов: *a* – исходное изображение; *б* – пользовательский тримап; *в* – истинные значения; *г* – алгоритм решения в замкнутом виде; *д* – алгоритм, основанный на обучении; *е* – алгоритм с применением глубокой нейронной сети

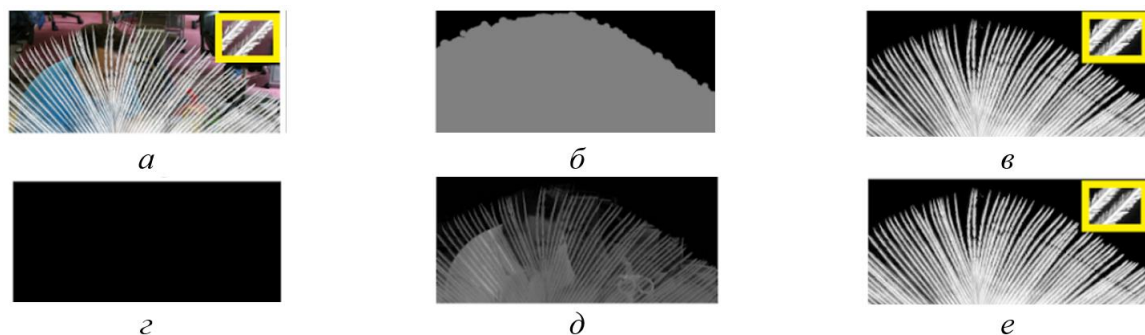


Рисунок 7. Сравнение эффективности применения алгоритмов: *a* – исходное изображение; *б* – пользовательский тримап; *в* – истинные значения; *г* – алгоритм решения в замкнутом виде; *д* – алгоритм, основанный на обучении; *е* – алгоритм с применением глубокой нейронной сети

Самоприспосабливающийся алгоритм на основе патчей

До этого момента все рассмотренные алгоритмы выполняли матирование изображения целиком, что приводит к повышению затрат памяти и снижению качества. Основываясь на подходе «Разделяй и Властвуй», самоприспосабливающийся алгоритм на основе патчей [7] решает указанные проблемы путём адаптивного деления матируемого изображения на участки небольшого размера (патчи) на основе распределения неопределённых пикселей тримапа. Затем, после параллельного анализа каждого патча, результат объединяется посредством алгоритма взвешенной оптимизации. Таким образом, требуемая память зависит не от размера исходного изображения, а только от размера патча. Чтобы избежать артефактов (рисунок 8) на границах патчей, при матировании учитываются отношения не только пикселей внутри патча, но и с некоторыми пикселями соседних патчей. Кроме того, т.к. внутри патча может быть недостаточно информации для качественного матирования, предусмотрено нахождение подобных участков, объединение их с некоторыми соседними патчами и повторное разделение (рисунок 9).



Рисунок 8. Пример артефактов

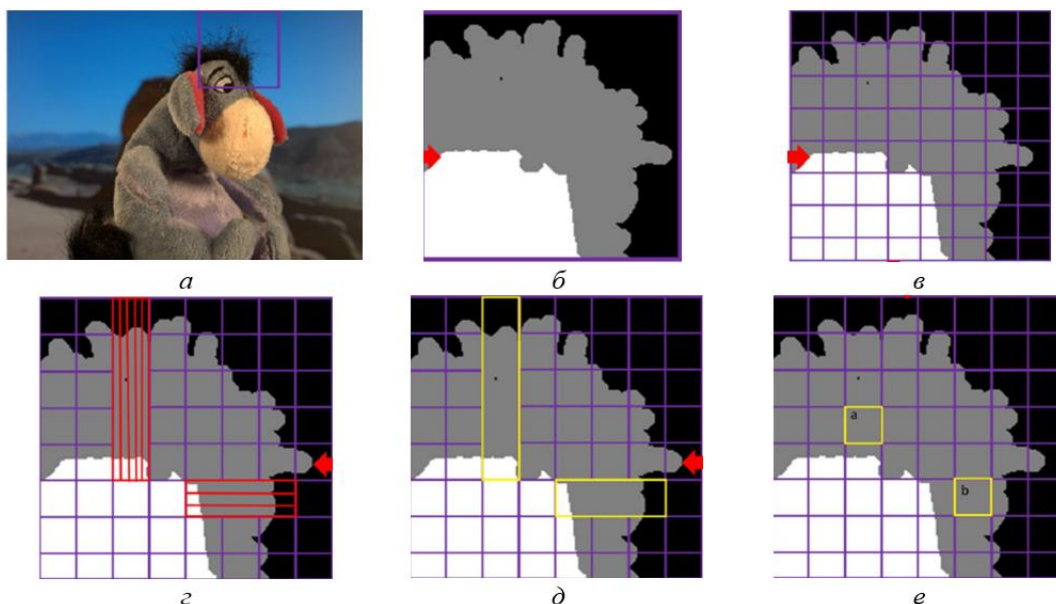


Рисунок 9. Пример работы алгоритма: *а* – исходное изображение; *б* – тримап выделенного участка; *в* – исходное разбиение на патчи; *г* – проблемные патчи; *д* – результат объединения; *е* – результат повторного разбиения

Представленная реализация алгоритма матирования

Алгоритм, представленный в данной работе, имеет несколько существенных достоинств в сравнение с описанными ранее алгоритмами. В то время, как классические алгоритмы требуют наличия заранее подготовленного фона [8], тримапа или набросков, данный алгоритм лишён этого недостатка. Это достигается за счёт рекуррентной архитектуры, и позволяет использовать его в более широком классе задач, так как отсутствует необходимость прямого пользовательского вмешательства. Таким образом, данный алгоритм наилучшим образом подходит для использования в мобильных приложениях.

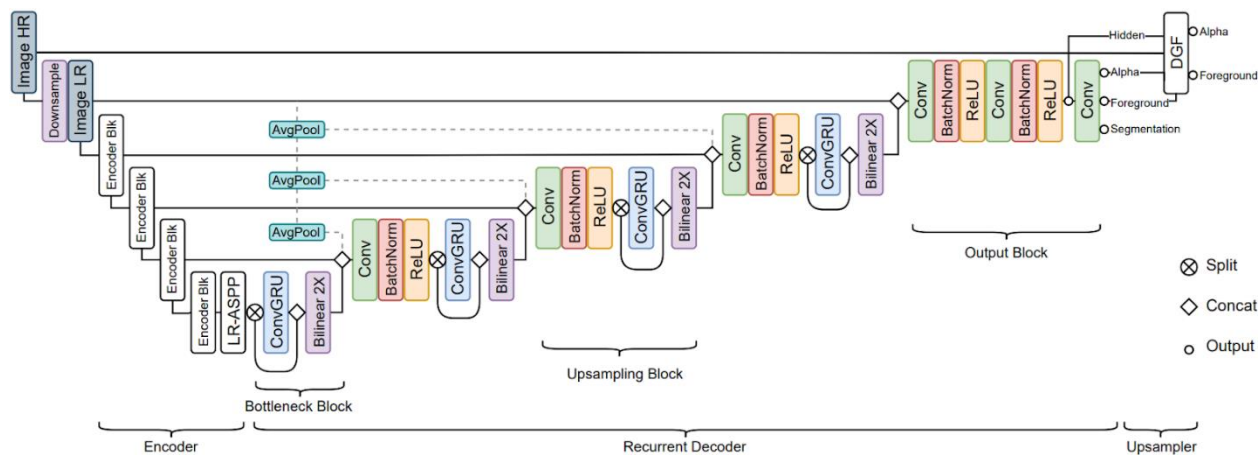


Рисунок 10. Архитектура сети

На рисунке 10 представлена архитектура нейронной сети, осуществляющая матирование изображения. Она состоит из трёх основных частей: кодер, рекуррентный декодер, выходной блок, а также блок повышения разрешения. Перед попаданием в первый блок, изображение высокого разрешения уменьшается. Данный шаг позволяет ускорить процесс обработки кадра, при этом, за счёт фильтра повышения разрешения на выходе сети, существенной потери качества на выходе не происходит. Блок кодирования осуществляет извлечение полезных признаков из изображения и уменьшает полученный кадр в 2 раза и передаёт на следующий кодер. Этот этап повторяется 4 раза. Таким образом, кодеры извлекают признаки в масштабе 12, 14, 18 и 116. Затем, рекуррентный декодер, также поэтапно, обновляет рекуррентные состояния сети и декодирует признаки, понижая количество каналов исходного изображения до одного – альфа. Выходной блок выполняет финальное извлечение признаков и генерирует коэффициенты альфа и передний план, который затем, вместе с исходным изображением в высоком разрешении, передаются фильтру для повышения разрешения результирующих изображений.

Однако, одной из серьёзных проблем реализации представленного алгоритма является то, что на данный момент не существует мобильного устройства способного выполнить такой объём вычислений за малый промежуток времени. Кроме того, существуют ограничения, затрудняющие реализацию подобных комплексных алгоритмов напрямую на устройствах на платформе Android.

Таким образом, было принято решение, что наиболее оптимальным и высокопроизводительным методом реализации такого приложения является клиент-серверная архитектура, в которой мобильное приложение является клиентом, отправляющим изображения на удалённый сервер, который, в свою очередь, обрабатывает принятый кадр и возвращает результат. Далее, задачей клиента остаётся только вывести полученное от сервера изображение. При использовании такой архитектуры приложения,

сложные вычисления выполняются на полноценных, более мощных, графических процессорах. В дополнение к этому, такой подход даёт возможность создания кроссплатформенного приложения без необходимости изменения серверной части, что сильно ускоряет процесс его разработки.

Данный подход также имеет и свои недостатки. Для работы приложению необходимо постоянное подключение к Интернету. Более того, скорость работы приложения напрямую зависит от скорости обмена информацией между клиентом и сервером.

Тестовая платформа

Параметры тестовых систем представлены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры тестовых систем

	Смартфон	Laptop-клиент	Desktop-клиент	Сервер
CPU	HiSilicon Kirin 970	Intel Core i7-8550U	Intel Core i5-6550	4x Intel Xeon Platinum 8180M
GPU	Mali-G72 MP12	Nvidia MX250	Nvidia GTX 1060 6GB	Nvidia Tesla K80
NIC	WI-FI	Intel Dual Band Wireless-AC 8265	Realtek PCIe GbE Family Controller	?

В таблице 2 представлены результаты тестирования производительности приложения для различных тестовых систем.

Таблица 2. Временные метрики клиента

	Разрешение камеры	Кодирование изображения, мс			Отправка запроса на сервер (и ожидание ответа), мс			Декодирование ответа от сервера, мс			Средняя частота кадров, к/с
		Мин.	Ср.	Макс.	Мин.	Ср.	Макс.	Мин.	Ср.	Макс.	
Смартфон	1280x720	38	40	42	470	500	1500	63	75	92	1,08
	1920x1080	77	80	86	650	900	1700	75	105	124	0,7
	2816x1584	140	166	168	843	1100	2100	165	180	193	0,55
Laptop-клиент	1920x1080	13	17	27	490	550	820	13	30	49	1,15
Desktop-клиент	1920x1080	11	15	21	550	640	660	13	18	30	1,07

Метрики производительности серверной части приложения приведены в таблице 3.

Таблица 3. Временные метрики сервера

Разрешение изображения	Декодирование изображения от клиента, мс	Предсказание нейросети, мс	Постобработка изображения, мс
1280x720	40	5	166
1920x1080	40	6	170
2816x1584	80	6,5	250

Исходя из результатов тестирования можно судить о том, что «бутылочным горлышком» данной реализации является код, ответственный за кодирование-декодирование изображений.

Результаты

В ходе проделанной работы были рассмотрены наиболее популярные и значимые алгоритмы в области матирования изображений и, в частности, видео высокого разрешения в режиме реального времени. Посредством анализа достоинств и недостатков каждого из них, выбран алгоритм, реализованный в мобильном приложении.

При дальнейшей разработке планируется существенно снизить зависимость между скоростью работы приложения и скоростью сети посредством улучшений и оптимизации алгоритмов сжатия кадров, пересылаемых между клиентом и сервером. Кроме того, с ростом вычислительных мощностей мобильных устройств, будет реализована возможность исключения сервера из архитектуры и обработки изображений локально на устройстве, что позволит приложению работать без подключения к Интернету. Данные улучшения позволят значительно повысить производительность приложения.

Доступ к исходному коду приложения можно получить по ссылке [9].

Список использованных источников

- [1] Chuang Y. A Bayesian Approach to Digital Matting / Y.-Y. Chuang, [et al.] // Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. CVPR 2001. – 2001. – Kauai, HI, USA. – DOI: 10.1109/CVPR.2001.990970.
- [2] Zheng Y. Learning Based Digital Matting / Y. Zheng, C. Kambhamettu // 2009 IEEE 12th International Conference on Computer Vision. – 2009. – Kyoto, Japan. – DOI: 10.1109/ICCV.2009.5459326.
- [3] VideoMatting [Electronic Resource] / Lomonosov Moscow State University. – Mode of access: <https://videomattng.com>.
- [4] Levin A. A Closed Form Solution to Natural Image Matting / A. Levin, [et al.] // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2008. – Volume 30. – Issue 2. – P. 228-242. – DOI: 10.1109/TPAMI.2007.1177.
- [5] Closed-form expression [Electronic Resource] / Wikipedia. – Mode of access: https://en.wikipedia.org/wiki/Closed-form_expression.
- [6] Xu N. Deep Image Matting [Electronic Resource] / arXiv. – Mode of access: <https://arxiv.org/abs/1703.03872>.
- [7] Hao G. Patch-based self-adaptive matting for high-resolution image and video / G. Hao, [et al.] // The Visual Computer. – Volume 35. – 2019. – P.133-147. – DOI: 10.1007/s00371-017-1424-3.
- [8] Real-Time High-Resolution Background Matting [Electronic Resource] / University of Washington. – Mode of access: <https://grail.cs.washington.edu/projects/background-matting-v2>.
- [9] Background Matting Source Code [Electronic Resource] / GitHub. – Mode of access: <https://github.com/Sp00nyMan/BackgroundMatting>.

ANALYTICAL REVIEW OF IMAGE MATTING ALGORITHMS

A-K. ISMAIL

student of group 850503,

*Electronic Computing Machines Department,
BSUIR*

D. PERTSAU

PhD,

*Electronic Computing Machines Department,
BSUIR*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus
E-mail: mrstormproxdd@gmail.com, pertsev@bsuir.by*

Abstract. The matting algorithms on the image, their advantages and disadvantages are analyzed. The author's approach used on various computing architectures is presented, a quantitative and qualitative comparison of the author's version with alternative ones is carried out.

Keywords: Image matting, Closed-form solution, Robust matting, Deep neural networks, Self-adapting patch-based algorithm.

УДК 519.624.2

О ТОЧНОМ РАВЕНСТВЕ ДЛЯ ВЕРОЯТНОСТИ ПРОПУСКА ОШИБКИ ПРИ НАБЛЮДЕНИИ ВЕКТОРОВ ПЕРЕХОДОВ



И.П. Кобяк

доцент кафедры ЭВМ
канд. техн. наук

Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники, Республика Беларусь
E-mail: IPKobyak2012@mail.ru

И.П.Кобяк

Работает в Белорусском государственном университете с 1982 г. Занимаемые должности инженер, ассистент, доцент кафедры ЭВМ. Защитил кандидатскую диссертацию в 1993 г. Область научных интересов: методы идентификации сообщений, проектирование спецпроцессоров.

Аннотация. В статье рассмотрен метод идентификации случайных последовательностей оценками вероятности наблюдения векторов переходов. Определено точное равенство для вероятности пропуска ошибки, соответствующее данному алгоритму при регистрации заданных сложных событий в электронных системах наблюдения. Рассмотрен вопрос о моде распределения вероятностей данного параметра, что позволило выполнить сравнение уровней ошибки, порождаемых методом регистрации векторов переходов с известными алгоритмами контрольного кодирования, такими как сигнатурный анализ и статистика векторов состояний.

Ключевые слова: блок векторов, субдинамические объекты, идентификация последовательностей, вероятность пропуска ошибки, сигнатурный анализ.

Введение.

Моделирование процессов идентификации случайных сообщений в большинстве технических систем основывается на использовании эмпирических функций в качестве контрольных кодов, в определении их качества с точки зрения вероятности пропуска ошибки [1,2], в выборе оптимального алгоритма для конкретного приложения. Подобная задача решается при наблюдении сигналов в криптографических каналах связи, контроле и диагностике цифровых устройств, при пересылках информации между блоками вычислительных систем.

Методология идентификации последовательностей выборочной вероятностью наблюдения векторов переходов (ВП) заданного вида (или лебеговской мерой ВП) представляет собой известный интерес в силу квазимиимальности вероятности пропуска ошибки, определяемой интегральным сравнением рассматриваемого и других алгоритмов идентификации [3,4]. Однако детальное исследование полученных результатов показало, что соотношения в выше указанных источниках характеризуют только верхнюю границу для вероятностных показателей ошибки. Реальный уровень параметров в асимптотике значительно ниже и позволяет достаточно точно, используя принципы моделирования в теории разбиений, определить количественные показатели предлагаемого в данной работе метода идентификации. Таким образом, вопрос получения вероятностных параметров

выборки в задачах наблюдения векторов переходов является актуальным и рассматривается в представляемой статье.

Вероятность пропуска ошибки для сложных событий с произвольным числом последовательных ВП.

При формировании формулы для числа различных перестановок с повторениями для меры Лебега сложных событий на n местах размещения, рассмотрим вероятность наблюдения ВП, в которых каждый субдинамический объект с μ единичными битами может быть учтен соотношением вида:

$$p = \frac{3^{r-\mu}}{m^2}. \quad (1)$$

При этом пространство между блоками ВП или число вариантов постобъектов размера $i \times r$ определяется перестановками всевозможных ВС (не содержащих ВП), число которых может быть определено классическим методом включения и исключения.

При формировании соотношения (1) предполагается, что источник последовательностей является идеальным, а в качестве опорного генератора для анализа используется имитатор псевдослучайных чисел, приведенный в [5].

Из представления сложных объектов случайного процесса в виде [4] следует, что каждая пара событий из суммы всех событий k_{ω} будет объединена с набором векторов функции правдоподобия или частных вариантов постобъектов длиной $i \geq 0$, а соотношение для вероятности пропуска ошибки (P_{ifc} - *interaction function correlation*) при произвольном $\mu \leq r$, может быть определено утверждением 1.

Утверждение 1. Произведение вида:

$$P_{ifc} = \sum_g \pi(g) \sum_{n-g} \frac{1}{m^n} (3^{r-\mu})^{\sum_{i=1}^{n-2} k_{1,i}} m^{\sum_{i=1}^{n-2} i k_{1,i}} \prod_{i=2}^{n-2} \left(\frac{1}{2^{i+1}} \beta_i \right)^{k_{1,i}} \frac{(n-g)!}{k_{1,1}! k_{1,2}! \dots k_{1,n-2}!}, \quad (2)$$

$$\beta_i = \frac{1}{\sqrt{1-4p}} \left[\left(1 + \sqrt{1-4p} \right)^{i+1} - \left(1 - \sqrt{1-4p} \right)^{i+1} \right],$$

где $\pi(g)$ -композиция разбиений числа $g = \sum_{i=1}^{n-2} (1+i)k_{1,i}$, является вероятностью пропуска ошибки для лебеговской меры векторов переходов со статистиками $k_{j,i}$ при $j=1$ и всех $i = \overline{1, n-2}$, где n -четно.

Нечетность параметра n рассмотрена ниже в конце работы и не вносит существенных изменений в утверждение 1.

Доказательство. Анализ вариантов объектов, входящих в структурный состав некоторой многомерной последовательности (замкнутой от конца к началу), показывает, что монообъекты длиной $2j+i$ с параметрами $j=1, i=1$ могут быть представлены в функции (2) комбинаторными соотношениями вида $Q_{j,i} = Q_{1,1} = 3^{r-\mu} m$. Для значений $j=1, i=2$ приведенное соотношение трансформируется в равенство $Q_{1,2} = 3^{r-\mu} (m^2 - 3^{r-\mu})$, что предполагает использование частного случая включения и исключения и преобразования данного произведения в соотношение:

$$Q_{1,2} = 3^{r-\mu} m^2 \sum_{s=0}^1 C_{2-s}^s (-p)^s,$$

где C_{2-s}^s биномиальный коэффициент.

При $j=1, i=3$ соответственно имеем:

$$Q_{1,3} = 3^{r-\mu} m^3 \sum_{s=0}^1 C_{3-s}^s (-p)^s.$$

В общем случае, можно показать, что для $i = \overline{2, n-2}$ комбинаторный момент $Q_{1,i}$ имеет вид:

$$Q_{1,i} = 3^{r-\mu} m^i \left[\sum_{s=0}^z C_{i-s}^s (-p)^s \right], \quad (3)$$

где z - это целая часть от $0,5i$.

Преобразуем сумму биномиальных коэффициентов в (3), с использованием результатов [6], в следующее равенство:

$$\sum_{s=0}^z C_{i-s}^s (-p)^s = \frac{1}{2^{i+1}} \beta_i,$$

где параметр β_i определен выше в соотношении (2).

Учитывая теперь все перестановки с повторениями объектов $k_{1,i} \in k_{\omega}, i > 0$, можно записать соотношение для нормированной мощности классов эквивалентностей (МКЭ), соответствующей вероятности пропуска ошибки при наблюдении лебеговской меры ВП в форме суммы произведений:

$$P_{jfc} = \sum_g \pi(g) \sum_{n-g} \frac{1}{m^n} (3^{r-\mu})^{k_{1,1}} m^{k_{1,1}} \prod_{i=2}^{n-2} \left[3^{r-\mu} m^i \left(\sum_{s=0}^z C_{i-s}^s (-p)^s \right) \right]^{k_{1,i}} \frac{(n-g)!}{k_{1,1}! k_{1,2}! \dots k_{1,n-2}!}, \quad (4)$$

где $\pi(g)$, как уж говорилось выше это композиция разбиений числа

$$g = 2k_{1,1} + 3k_{1,2} + \dots + (n-1)k_{1,n-2}$$

на целые части вида $(1+i)k_{1,i}$.

Необходимость получения параметра $\pi(g)$ в (4) следует из неоднозначности представления некоторого текущего константного значения g в виде функции $f(k_{1,1}, k_{1,2}, \dots, k_{1,n-2})$.

Преобразуем произведение факториальных моментов (4), используя аппроксимацию β_i . При этом получим равенство:

$$P_{jfc} = \sum_g \pi(g) \sum_{n-g} \frac{1}{m^n} (3^{r-\mu})^{k_{1,1}} m^{k_{1,1}} \prod_{i=2}^{n-2} \left[3^{r-\mu} m^i \left(\frac{1}{2^{i+1}} \beta_i \right) \right]^{k_{1,i}} \frac{(n-g)!}{k_{1,1}! k_{1,2}! \dots k_{1,n-2}!}.$$

Объединяя в данном соотношении степени при параметрах m и $3^{r-\mu}$, переходим к соотношению, представленному в утверждении 1.

Утверждение 2. Произведение вида:

$$P_{jfc} = \sum_g \pi(g) \sum_{n-g} \frac{1}{m^n} (3^{r-\mu})^{\sum_{i=1}^{n-2} k_{1,i} + \sum_{i=1}^{n-4} 2k_{2,i}} m^{\sum_{i=1}^{n-2} ik_{1,i} + \sum_{i=1}^{n-4} ik_{2,i}} \prod_{i=2}^{n-2} \left(\frac{1}{2^{i+1}} \beta_i \right)^{k_{1,i}} \prod_{i=2}^{n-4} \left(\frac{1}{2^{i+1}} \beta_i \right)^{k_{2,i}} \frac{(n-g)!}{k_{1,1}! k_{1,2}! \dots k_{1,n-2}! k_{2,1}! k_{2,2}! \dots k_{1,n-4}!}, \quad (5)$$

n -четно, является вероятностью пропуска ошибки при наблюдении ВП с параметрами $j=1, 2$ и $i=\overline{1, n-2j}$, $\pi(g)$ - это композиция разбиений числа

$$g = 2k_{1,1} + 3k_{1,2} + \dots + (n-1)k_{1,n-2} + 4k_{2,1} + 5k_{2,2} + \dots + (n-1)k_{2,n-4}$$

на целые части $(1+i)k_{1,i} + (3+i)k_{2,i}$.

Доказательство. Аналогично случаю с $j=1$ в утверждении 2 необходимо дополнительно рассмотреть монообъекты с параметром $j=2$. При этом соответствующие факториальные моменты могут быть представлены в функции (5) комбинаторными соотношениями: $Q_{2,1} = (3^{r-\mu})^2 m$ для $i=1$, $Q_{2,2} = (3^{r-\mu})^2 (m^2 - 3^{r-\mu})$ для значений $i=2$, а также

$$Q_{2,3} = (3^{r-\mu})^2 m^3 \sum_{s=0}^1 C_{3-s}^s (-p)^s$$

при $i=3$. Очевидно, что общем случае для $i=\overline{2, n-2}$ комбинаторный момент $Q_{2,i}$ будет иметь вид:

$$Q_{2,i} = (3^{r-\mu})^2 m^i \left[\sum_{s=0}^z C_{i-s}^s (-p)^s \right], \quad (6)$$

где z - также целая часть от значения $0,5i$.

Учитывая теперь, что функция правдоподобия для случая $j=2$ формируется совершенно аналогично случаю $j=1$, обобщая равенство (6) можем записать:

$$P_{jfc} = \sum_g \pi(g) \sum_{n-g} \frac{1}{m^n} (3^{r-\mu})^{k_{1,1}} m^{k_{1,1}} (3^{r-\mu})^{2k_{2,1}} m^{k_{2,1}} \prod_{i=2}^{n-2} \left[3^{r-\mu} m^i \left(\sum_{s=0}^z C_{i-s}^s (-p)^s \right) \right]^{k_{1,i}} \prod_{i=2}^{n-4} \left[(3^{r-\mu})^2 m^i \left(\sum_{s=0}^z C_{i-s}^s (-p)^s \right) \right]^{k_{2,i}} \times \frac{(n-g)!}{k_{1,1}! k_{1,2}! \dots k_{1,n-2}! k_{2,1}! k_{2,2}! \dots k_{1,n-4}!}, \quad (7)$$

В данном равенстве композиция разбиений $\pi(g)$ формируется для представления параметра g в двумерном виде:

$$g = \sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^{n-2j} (2j+i-1)k_{j,i}.$$

Далее, в соотношении (7) можем объединить степени параметров m и $3^{r-\mu}$. При этом получим:

$$(3^{r-\mu})^{\deg \left(\sum_{i=1}^{n-2} k_{1,i} + \sum_{i=1}^{n-4} 2k_{2,i} \right)} \cdot m^{\deg \left(\sum_{i=1}^{n-2} ik_{1,i} + \sum_{i=1}^{n-4} ik_{2,i} \right)}.$$

Используя в очередной раз параметр β_i для аппроксимации функции правдоподобия, получаем результат, приведенный в (5).

Общий случай формирования вероятности ошибки P_{ifc} сформулируем в виде теоремы в форме суммы комбинаторных моментов.

Теорема. Произведение моментов

$$P_{ifc} = \sum_g \pi(g) \sum_{n-g} \frac{1}{m^n} (3^{r-\mu})^{\sum_{j=1}^{0,5n-1} \sum_{i=1}^{n-2j} k_{j,i} + \frac{n}{2} k_{\frac{n}{2},0}} m^{\sum_{j=1}^{0,5n-1} \sum_{i=1}^{0,5n-1-n-2j} ik_{j,i}} \prod_{j=1}^{0,5n-1} \prod_{i=2}^{0,5n-1-n-2j} \left(\frac{1}{2^{i+1}} \beta_i \right)^{k_{j,i}} \frac{(n-g)!}{\prod_{j=1}^{0,5n-1} \prod_{i=1}^{n-2j} k_{j,i}! \dots k_{\frac{n}{2},0}!}, \quad (8)$$

где n -четно, является вероятностью пропуска ошибки при наблюдении лебеговской меры векторов переходов с параметрами $j=1, 0,5n-1$ и $i=1, n-2j$, а также $j=0,5n, i=0$ по всей композиции $\pi(g)$ разбиений числа

$$g = \sum_{j=1}^{0,5n-1} \sum_{i=1}^{n-2j} (2j+i-1)k_{j,i} + (n-1)k_{\frac{n}{2},0}$$

на целые части вида $(2j+i-1)k_{j,i} + (n-1)k_{\frac{n}{2},0}$.

Доказательство. Анализ вариантов произвольных объектов числом $k_{j,i} \geq 1$, входящих в структурный состав последовательности достаточно большой длины, показывает, что монообъекты с параметрами $j \geq 1, i=1$, могут быть представлены в функции (8) комбинаторными соотношениями вида $Q_{j,1} = (3^{r-\mu})^j m$. Для значений $j \geq 1, i=2$ соответственно имеем равенство

$$Q_{j,2} = (3^{r-\mu})^j (m^2 - 3^{r-\mu}),$$

а для $j \geq 1, i=3$ параметр

$$Q_{j,3} = (3^{r-\mu})^j m^3 \sum_{s=0}^1 C_{3-s}^s (-p)^s.$$

В общем случае для произвольного $0,5n > j \geq 1$ можем записать:

$$Q_{j,i} = (3^{r-\mu})^j m^i \left[\sum_{s=0}^z C_{i-s}^s (-p)^s \right], \quad z =]0, 5i[.$$

Тогда произведение всех реализаций параметра $Q_{j,i}$ дает составляющие в (8) вида:

$$\begin{aligned} \deg(3^{r-\mu}) &= \sum_{i=1}^{n-2} k_{1,i} + \sum_{i=1}^{n-4} 2k_{2,i} + \sum_{i=1}^{n-6} 3k_{3,i} + \dots + \sum_{i=1}^4 \frac{n-4}{2} k_{\frac{n-4}{2},i} + \sum_{i=1}^2 \frac{n-2}{2} k_{\frac{n-2}{2},i} + \sum_{i=0}^0 \frac{n}{2} k_{\frac{n}{2},i}, \\ \deg m &= \sum_{i=1}^{n-2} ik_{1,i} + \sum_{i=1}^{n-4} ik_{2,i} + \sum_{i=1}^{n-6} ik_{3,i} + \dots + \sum_{i=1}^4 ik_{\frac{n-4}{2},i} + \sum_{i=1}^2 ik_{\frac{n-2}{2},i}, \end{aligned}$$

а множитель, характеризующий все реализации функции правдоподобия - это произведение произведений:

$$\prod_{i=2}^{n-2} \left(\frac{1}{2^{i+1}} \beta_i \right)^{k_{1,i}} \prod_{i=2}^{n-4} \left(\frac{1}{2^{i+1}} \beta_i \right)^{k_{2,i}} \prod_{i=2}^{n-6} \left(\frac{1}{2^{i+1}} \beta_i \right)^{k_{3,i}} \times \dots \times \prod_{i=2}^4 \left(\frac{1}{2^{i+1}} \beta_i \right)^{k_{n-4,i}} \prod_{i=2}^2 \left(\frac{1}{2^{i+1}} \beta_i \right)^{k_{n-2,i}}.$$

Таким образом, объединяя все факториальные моменты при $k_{j,i} \geq 0$ по всей композиции $\pi(g)$ разбиений g на указанные в теореме целые части приходим к соотношению (8).

Исключение составляет случай с $j=0,5n$ при котором функция правдоподобия с учетом $i=0$ отсутствует. Данный факт учитывается показателем степени параметра $3^{r-\mu}$ вида $\frac{n}{2} k_{\frac{n}{2},0}$. Итак, теорема доказана.

Аналогичное соотношение при нечетном значении длины выборки n имеет несущественное отличие от вероятности (8). При этом:

$$P_{ifc} = \sum_g \pi(g) \sum_{n-g} \frac{1}{m^n} (3^{r-\mu})^{\sum_{j=1}^{0,5(n-1)} \sum_{i=1}^{n-2j} k_{j,i}} m^{0,5 \sum_{j=1}^{(n-1)} \sum_{i=1}^{n-2j} ik_{j,i}} \prod_{j=1}^{0,5(n-3)} \prod_{i=2}^{n-2j} \left(\frac{1}{2^{i+1}} \beta_i \right)^{k_{j,i}} \frac{(n-g)!}{\sum_{j=1}^{0,5(n-1)} \prod_{i=1}^{n-2j} k_{j,i}!}. \quad (9)$$

В данном равенстве отличиями являются пределы суммирования в степенях параметров m , $3^{r-\mu}$, g и в функции правдоподобия.

В случае, если n -четно, а $n+1$ - нечетно, вероятность (9) по отношению к параметру (8) при граничном значении j возрастает в m раз.

Сравнительный анализ методов идентификации выборки путем наблюдения ВП с другими известными алгоритмами свертки.

Анализ комбинаторной вариативности моментов, входящих в состав вероятностей (8) и (9), показывает, что МКЭ существенно зависит от числа ВП в составе многомерной выборки. При этом учитывая, что пара векторов, образующих ВП, имеет число вариантов $3^{r-\mu}$, а пара векторов состояний не образующих ВП - $m^2 - 3^{r-\mu}$, с учетом производной

$$\frac{\partial}{\partial r} 3^{r-\mu} < \frac{\partial}{\partial r} (m^2 - 3^{r-\mu}), \quad (10)$$

можем заключить, что максимальное значение или мода для функции распределения вероятностей ошибки (8) или (9) (при $k_{i,j} = 0$), имеет вид:

$$P_{ifc} = \frac{1}{m^n} \left(m^n \frac{1}{2^{n+1}} \beta_n \right) = \frac{1}{2^{n+1}} \frac{1}{\sqrt{1-4p}} \left[(1 + \sqrt{1-4p})^{n+1} - (1 - \sqrt{1-4p})^{n+1} \right]. \quad (11)$$

Для максимального значения вероятности (1) равного $p = \frac{3}{16}$, из (11) имеем и максимальное значение моды:

$$P_{ifc} = \frac{3}{2} \left(\frac{3}{4} \right)^n.$$

Максимальное значение аналогичного параметра при построении графика

вероятности пропуска ошибки многоазрядным сигнатурным анализатором равно его классической вероятности ошибки $P_{msa} = \frac{1}{m}$. Таким образом, сравнивая оба метода в точках максимума, имеем соотношение:

$$\frac{P_{ifc}}{P_{msa}} = \frac{3}{2} \left(\frac{3}{4} \right)^n m,$$

что говорит об абсолютном превосходстве метода наблюдения лебеговской меры ВП над алгоритмом синтеза сигнатур.

При сравнении методов наблюдения ВП и ВС (с вероятностью P_{cvc} , *cvc* – *condition vector counting*) также в точке моды [7] можем записать соотношение:

$$\frac{P_{ifc}}{P_{cvc}} = \frac{3}{2} \left(\frac{3}{4} \right)^n \sqrt{0,5\pi n},$$

что также указывает на превосходство метода наблюдения ВП.

Таким образом, для вероятностей пропуска ошибки в точке моды приведенными тремя методами получаем ряд неравенств: $P_{ifc} \ll P_{msa} < P_{cvc}$. Иными словами, в точке максимума представляемый в данных исследованиях метод является наиболее предпочтительным.

Выводы.

В представленной работе получены следующие результаты:

- 1) сформировано соотношение для вероятности пропуска ошибки при наблюдении заданных векторов переходов с произвольным параметром j ;
- 2) исследования позволяют сделать вывод, что увеличение выборочного числа событий k_ω наблюдения лебеговской меры ВП приводит к уменьшению значения вероятности пропуска ошибки за счет уменьшения числа перестановок в ВС на местах расположения регистрируемых ВП (10);
- 3) сравнительный анализ метода наблюдения заданных ВП с алгоритмами линейной свертки и СВС показал, что в точке моды принцип идентификации случайных процессов вероятностью наблюдения ВП имеет явное преимущество перед известными алгоритмами синтеза точечных оценок; этот же вывод можно сделать и относительно асимптотики рассматриваемых алгоритмов [8];
- 4) используя алгоритм перекодирования состояний в выборке при $r = \mu$, можно заключить, что полученные результаты будут справедливы и для любых пар различных соседних упорядоченных векторов состояний априори заданного вида.

Список использованных источников

- [1] Кобяк И.П. Сравнительная оценка достоверности методов сигнатурного анализа и счета состояний // Электрон. Моделирование. – 1996. – Т.18. – №1. – С. 58–62.
- [2] Гордон Г., Надиг Х. Локализация неисправностей в микропроцессорных системах при помощи шестнадцатиричных ключевых кодов // Электроника. – 1977. – 5 №5. – С.89–96.
- [3] Кобяк И.П. Производящая функция для распределения вероятностей наблюдения векторов переходов // Автоматика и вычислительная техника. – 2006. – № 6. – С. 60–67.
- [4] Кобяк И.П. Теория внутрисхемного наблюдения СБИС с использованием автокорреляционных функций // Автоматика и вычислительная техника. – 2009. – № 2. – С. 37–46.
- [5] Tootill J.P.R., Robinson W.D., Eagle D.J. An Asymptotically Random Tausworthe Sequences // Journal of the Association Computing Machinery. July 1973. – Vol. 30. –No. 3. – P. 469–481.
- [6] Риордан Дж. Комбинаторные тождества. М.: Наука. – 1982. – 255 с.

[7] *Ширяев А.Н.* Вероятность. –М.: Наука. Глав. ред. физ.-мат. литературы, 1980.–575 с.

[8] *Кобяк И.П.* Точное значение вероятности пропуска ошибки при наблюдении векторов переходов в асимптотике. В кн.: Информационные технологии и системы 2021 (ИТС 2021), Information Technologies and Systems 2021 (ITS 2021): материалы международной научной конференции, Минск, 24 ноября 2021 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, 2021. – С. 200–201.

ABOUT THE EXACT EQUALITY FOR THE PROBABILITY OF MISSING AN ERROR WHEN OBSERVING TRANSITION VECTORS

I.P. KABIAK,

PhD, Associate Professor, Chair of ECM, BSUIR.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus

E-mail: IPKobyak2012@mail.ru

Abstract. The article considers a method for identifying random sequences by estimating the probability of observing transition vectors. The exact equality for the probability of missing an error corresponding to this algorithm when registering specified complex events in electronic surveillance systems is determined. The question of the mode of probability distribution of this parameter is considered, which made it possible to compare the error levels generated by the method of registering transition vectors with known control coding algorithms, such as signature analysis and statistics of state vectors.

Keywords: block of vectors, subdynamic objects, sequence identification, probability of missing an error, signature analysis.

УДК 004.855.5

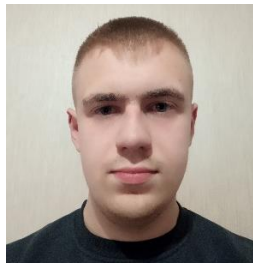
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДНЕВНОГО КОЛИЧЕСТВА ОСАДКОВ МЕТОДАМИ МАШИННОГО БУЧЕНИЯ



В.Т. Кучеренко
студент БГУИР,
инженер-
программист



С.Н. Нестеренков
кандидат технических
наук, доцент кафедры
программного
обеспечения
информационных
технологий, декан
факультета
компьютерных систем
и сетей



И.В. Шилов
студент БГУИР,
инженер-
программист



А.Н. Марков
старший
преподаватель,
магистр технических
наук, заместитель
начальника Центра
информатизации и
инновационных
разработок БГУИР

Центр информатизации и инновационных разработок Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь
E-mail: vova.kucherenko.00@mail.ru, s.nesterenkov@bsuir.by, Ilyashilov@mail.by

В.Т. Кучеренко

Студент Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

С.Н. Нестеренков

Кандидат технических наук, декан факультета компьютерных систем и сетей Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доцент кафедры Программного обеспечения информационных технологий. Автор публикаций на тему машинного обучения, алгоритмов принятия решений, искусственных нейронных сетей и автоматизации

И.В. Шилов

Студент Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

А.Н. Марков

Магистр технических наук, старший преподаватель кафедры ПИКС, заместитель начальника Центра информатизации и инновационных разработок Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Аннотация. Прогноз ежедневных осадков играет важную роль в производительности сельского хозяйства и обеспечивает снабжение продовольствием и водой для поддержания здоровья граждан. Но неустойчивое распределение осадков в стране влияет на сельское хозяйство, от которого зависит экономика страны. Разумное использование дождевой воды должно планироваться и практиковаться в странах, чтобы свести к минимуму проблему засухи и наводнений. Основная цель этого исследования заключается в выявлении соответствующих атмосферных особенностей, которые вызывают осадки, и прогнозировании интенсивности ежедневных осадков с помощью методов машинного обучения. Для прогнозирования осадков было проведено несколько видов исследований с использованием методов интеллектуального анализа данных и машинного обучения наборами экологических данных. Метод корреляции Пирсона использовался для

выбора соответствующих переменных окружающей среды, которые использовались в качестве входных данных для модели машинного обучения. Набор данных был собран в местном метеорологическом отделении в Минске, Беларусь, для измерения эффективности двух методов машинного обучения (многомерная линейная регрессия и случайный лес).

Ключевые слова: машинное обучение, многомерная линейная регрессия, случайный лес.

Введение.

Еще с древних времен люди верили, что могут предсказывать погоду, но теперь возникла реальная необходимость делать прогноз заранее. Прогноз осадков имеет решающее значение для повышения производительности сельского хозяйства, что, в свою очередь, обеспечивает продовольствие и качественное водоснабжение граждан своей страны. Сельское хозяйство и качество воды зависят от количества осадков и воды на ежедневной и ежегодной основе [1]. Поэтому точное прогнозирование ежедневных осадков является сложной задачей для управления дождевой водой для сельского хозяйства и водоснабжения.

Различные исследователи провели исследования для улучшения прогнозирования ежедневных, ежемесячных и годовых объемов осадков с использованием метеорологических данных разных стран. Исследователи применяли методы интеллектуального анализа больших данных [2] и различные алгоритмы машинного обучения [3,4] для повышения точности ежедневного, ежемесячного и ежегодного прогнозирования осадков. Согласно результатам исследований, процесс прогнозирования в настоящее время перешел от методов интеллектуального анализа данных к методам машинного обучения. Ученые подтвердили, что алгоритмы машинного обучения лучше заменяют традиционный детерминированный метод прогнозирования погоды и осадков.

Несколько факторов окружающей среды влияют на наличие осадков и их интенсивность. Температура, относительная влажность, солнечный свет, давление, испарение и т. д. являются одними из факторов, которые прямо или косвенно влияют на наличие осадков и его интенсивность. В связи с данными факторами исследование было направлено на выявление соответствующих атмосферных особенностей, вызывающих осадки, и прогнозирование интенсивности ежедневных осадков с помощью методов машинного обучения. [5] Исходные данные собираются из региональной метеорологии и предварительно обрабатываются, чтобы сделать их пригодными для эксперимента. Каждая особенность предварительно обработанных данных коррелирует с переменной осадков для выявления соответствующих особенностей с помощью корреляции Пирсона. Затем в исследовании были проведены эксперименты с алгоритмами машинного обучения Radnom forest (RF) и MLR.

Многомерная линейная регрессия.

Линейная регрессия может быть многомерной, которая имеет несколько независимых переменных, используемых в качестве входных функций, и простую линейную регрессию, которая имеет только одну независимую или входную функцию. Обе линейные регрессии имеют одну зависимую переменную, которую можно прогнозировать или предсказать на основе входных функций. В этом документе представлена многомерная линейная регрессия, потому что для прогнозирования зависимой переменной, называемой ежедневным количеством осадков, использовалось несколько переменных или особенностей окружающей среды. [6] Линейная регрессия – это контролируемый метод машинного обучения, используемый для прогнозирования неизвестного ежедневного количества осадков с использованием известных переменных окружающей среды. Многомерная линейная регрессия использовала несколько пояснительных или независимых переменных (X) и одну зависимую или выходную переменную, обозначаемую Y.

Общее многомерное уравнение линейной регрессии этой статьи приведено как:

$$EKO = (\text{год} * \beta_1) + - (\text{месяц} * \beta_2) + - (\text{день} * \beta_3) + - (\text{MaxT} * \beta_4) + - (\text{МинТ} * \beta_5) + - (\text{Вл} * \beta_6) + - (\text{Исп} * \beta_7) + - (\text{СлСв} * \beta_8) + - (\text{СкСв} * \beta_9) + - \xi_{я}$$

Формула 1. Уравнение линейной регрессии

где EKO – ежедневное количество осадков, Y – год, M - , D - , MaxT – максимамльная температура, МинТ – минимальная температура, Вл – влажность воздуха, Исп – испарение, СлСв – солнечный свет, СкСв – скорость света, β – коэффициент регрессии, $\xi_{я}$ – это термин ошибки или шум

Случайный Лес (Random Forest).

Модель случайной лесной регрессии мощна и точна. Обычно он отлично работает во многих проблемах, включая функции с нелинейными отношениями. Случайная лесная регрессия (СЛ) – это контролируемый алгоритм машинного обучения, который использует метод ансамбля для регрессии. СЛ работает, создавая несколько деревьев решений во время обучения и выводя среднее значение классов в качестве прогноза всех деревьев. Алгоритм RF работает на следующих этапах:

1. Возьмите случайные точки данных p из тренировочного набора
2. Создайте дерево решений, связанное с этими точками данных p
3. Возьмите число N деревьев, чтобы построить и повторить шаги 1 и 2
4. Для новой точки данных заставьте каждое из N деревьев дерева предсказать значение y для точки данных и назначить новую точку данных среднему из всех прогнозируемых значений y .

Алгоритм случайного леса является одним из контролируемых алгоритмов машинного обучения, которые выбираются в качестве прогнозной модели для ежедневного прогнозирования осадков с использованием входных переменных или функций среды. Случайная лесная регрессия управляется путем построения множества деревьев решений во время обучения и вывода класса, который является способом среднего прогнозирования или регрессии отдельных деревьев. Согласно, СЛ-алгоритм эффективен для больших наборов данных, и хороший экспериментальный результат получается с использованием больших наборов данных, в которых отсутствует доля данных. [7]

Сбор данных

Для этого исследования необработанные данные были собраны с региональной метеорологической станции в городе Минск, Беларусь. Были включены десять функций данных, таких как год, месяц, дата, испарение, солнце, максимальная температура, минимальная температура, влажность, скорость ветра и количество осадков.

Измерение производительности

Корреляция Пирсона использовалась для измерения силы взаимосвязи между двумя переменными. Две переменные могут быть положительно или отрицательно коррелированы и не связаны между двумя переменными, если коэффициент корреляции Пирсона равен нулю. Модель коэффициентов корреляции Пирсона математически описывается как:

$$P_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 * (y_i - \bar{y})^2}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 * \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Формула 1. Корреляция Пирсона

где P_{xy} – коэффициент корреляции Пирсона, $\{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)\}$ – парные данные, состоящие из n пар, \bar{x} и \bar{y} являются средним значением x и y соответственно.

Алгоритмы машинного обучения используют функции входных данных, которые выбираются с использованием коэффициента корреляции Пирсона в качестве соответствующих функций.

Заключение.

Чтобы выбрать переменные окружающей среды, которые коррелируют с осадками, корреляция Пирсона была проанализирована на переменных окружающей среды, представленных в таблице 1. Поскольку набор данных велик, переменные, которые коррелируют более 0,20 с осадками, рассматривались в качестве экологических особенностей эксперимента по прогнозированию осадков. Следовательно, для прогнозирования количества ежедневных осадков результаты экологических атрибутов, относящихся к ежедневному прогнозированию осадков, таких как испарение, относительная влажность, солнечный свет, максимальная суточная температура и минимальная суточная температура, показаны в таблице 1.

Таблица 1. Экологические особенности и их значение коэффициента Пирсона

Метрики	Значение
Год	0.012
Месяц	0.101
День	0.017
Испарение	0.279
Влажность	0.401
Максимальная дневная температура	0.296
Минимальная дневная температура	0.204
Солнечный свет	0.351
Скорость ветра	0.046
Дневные осадки	1.000

Список использованных источников

- [1] Збигнев В.К. Изменение климата и водные ресурсы 3-е издание. 2008. – С. 219.
- [2] A Data-Driven Approach for Accurate Rainfall Prediction. Shilpa Manandhar, Yee Hui Lee, Yu Song Meng. 2019 год
- [3] Прикладной регрессивный анализ, 3-е издание. Norman Draper, Harry Smith. 2016 год
- [4] Прогнозное моделирование в IBM SPSS Statistics, R и Python. Метод деревьев решений и случайный лес. Артем Груздев. 2018 год.
- [5] Нестеренков, С.Н. Адаптивный поиск вариантов расписания с использованием модифицированного генетического алгоритма / С.Н. Нестеренков // Вести Института современных знаний. - 2015. - N 2. - С. 67-74.
- [6] Нестеренков, С.Н. Функциональная модель процедур планирования и управления образовательным процессом как основа построения информационной среды учреждения высшего образования / С.Н. Нестеренков, Н.В. Лапицкая // Вести Института современных знаний. - 2018. - N 1. - С. 97-105.
- [7] Нестеренков, С.Н. Сетевая модель и алгоритм составления расписания учебных занятий на основе данных прошлых периодов / С.Н. Нестеренков, Н.В. Лапицкая, О.О. Шатилова // Вести Института современных знаний. - 2018. - № 4. - С. 85-92.

FORECASTING DAILY PRECIPITATION BY MACHINE LEARNING

V.T. KUCHERENKO
*Student of BSUIR,
software engineer*

S.N.NESTERENKOV
*PhD, Associate Professor
Dean of the Faculty of
Computer Systems and
Networks.*

I.V.SHILOV
*Student of BSUIR,
software engineer*

A.N. MARKOV
*Senior lecturer of the
department, Deputy
head of the Center for
Informatization and
Innovative
Developments*

Center for Informatization and Development of the Belarusian University of State Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus.

E-mail: vova.kucherenko.00@mail.ru, s.nesterenkov@bsuir.by, Ilyashilov@mail.ru

Abstract. The forecast of daily rainfall plays an important role in agricultural productivity and ensures food and water supplies to keep citizens healthy. But the country's erratic distribution of rainfall affects agriculture, on which the country's economy depends. The wise use of rainwater should be planned and practiced in countries to minimize the problem of drought and floods. The main goal of this study is to identify the relevant atmospheric features that cause precipitation and predict the intensity of daily precipitation using machine learning methods. Several types of research have been conducted to predict rainfall using data mining and machine learning methods on environmental datasets. The Pearson correlation method was used to select appropriate environmental variables that were used as input to the machine learning model. The dataset was collected at the local meteorological office in Minsk, Belarus to measure the performance of two machine learning methods (multivariate linear regression and random forest).

Keywords: machine learning, Multivariate Linear Regression, Random Forest.

УДК 65.011.56

АЛГОРИТМ ДЕСКТОПНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОТЫ СПЕЦИАЛИСТА ПО КАДРАМ



А.Г. Новик

студент 3 курса кафедры инженерной психологии и эргономики



А.В. Воробей

аспирант кафедры инженерной психологии и эргономики, ассистент кафедры инженерной психологии и эргономики, магистр технических наук

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

E-mail: novik.artsem2000@gmail.com, vorobey@bsuir.by

А.Г. Новик

Студент 3 курса кафедры инженерной психологии и эргономики. В 2019 окончил Минский колледж бизнеса и права с присвоением квалификации техник - программист. Занимается разработкой десктопного приложения для сотрудников отдела кадров.

А.В. Воробей

Окончила Белорусский государственный педагогический университет имени М. Танка» по специальности Биология и химия. В 2020 году окончила магистратуру БГУИР по специальности «Психология труда, инженерная психология, эргономика», выполняет исследования в рамках магистерской диссертации на тему «Система обеспечения безопасности труда при воздействии инфракрасного излучения на физиологические параметры человека». Обучается в аспирантуре БГУИР по специальности «Психология труда, инженерная психология, эргономика».

Аннотация. Отдел кадров – структура в организации, которая занимается управлением персоналом. Отдел кадров является не только функциональной единицей, это еще и лицо компании, так как именно в отделе кадров любой соискатель начинает знакомиться с организацией. Цель отдела кадров – это способствование достижению целей предприятия путем обеспечения предприятия необходимыми кадрами и эффективного использования потенциала работников. Подбор работников ведется с помощью специально разработанных стратегий: подачи информации о вакансиях в средствах массовой информации и службы занятости населения, применения методик отбора, тестирования, процедур адаптации специалистов и последующего повышения квалификации. В данной работе предложен алгоритм десктопного приложения для автоматизации работы специалиста по кадрам. В результате реализуется информационная система в виде десктопного приложения, которая позволит упростить процесс трудоустройства сотрудника на работу.

Ключевые слова: отдел кадров, алгоритм взаимодействия пользователя с системой, форма Т - 2, функция AddRecordClick, функция Print_Click.

Введение.

Для эффективного выполнения своих функций кадровой службе необходимо постоянно и тесно взаимодействовать с другими отделами предприятия. Отдел кадров взаимодействует с бухгалтерией организации для решения вопросов, связанных с оплатой труда. Так в бухгалтерию организации отдел кадров представляет документы и копии приказов об увольнении, зачислении на работу, о командировках, отпусках, поощрениях

либо штрафных санкциях для сотрудников. Юридический отдел снабжает сотрудников отдела кадров информацией о последних изменениях в действующем законодательстве, предоставляет всестороннюю правовую поддержку. По кадровым вопросам отдел кадров постоянно взаимодействует со всеми структурными подразделениями компании. Отдел кадров обеспечивает работу с персоналом на предприятии.

В основные должностные обязанности отдела кадров на предприятии входит оформление трудовых отношений с работниками, обеспечение кадровыми ресурсами, обучение личного состава, ведение кадрового делопроизводства. Конкретный объем функциональных обязанностей отдела кадров зависит от специфики предприятия, численности и контингента его сотрудников. Отдел кадров не всегда был автоматизирован, раньше приходилось выполнять все операции вручную, но в 2002 это стало делать гораздо легче. На рынок вышло программное средство 1С Предприятие, которая помогает сотрудникам отдела кадров и по сегодняшний день. Она является универсальной, просто и лёгкой в освоении. С её помощью можно выполнять все необходимые операции по планированию, подбору сотрудников, расчёту зарплат, налогов, документального оформления командировок, стажировок, аттестаций и других кадровых процессов [1].

Материалы и методы.

Целью проекта является разработка десктопного приложения для автоматизации работы специалиста по кадрам, которая будет осуществлять ведение базы данных, содержащей информацию о сотрудниках на основании заполненной личной карточки по форме Т – 2, учёт движения личного состава, ведение штатного расписания должностей сотрудников, расчёт дней отпуска на основании нормативного расчёта, ведение табеля отпусков, экспорт необходимых данных в службы Microsoft Excel, а так же генерировать документы Microsoft Word.

Назначением десктопного приложения является актуализация данных о сотрудниках через ведение реестра с информацией о сотрудниках.

Основными задачами, которые должно выполнять разрабатываемое приложение, являются:

1. Оформление сотрудника в организацию.
2. Обеспечение актуализации информации по всем сотрудникам.
3. Возможность отслеживания всех изменений внутри организации.

Для решения данных задач и достижения итоговой цели проектируемая система должна выполнять следующие функции:

1. Хранение фотографий сотрудников в базе [4].
2. Расчёт отпускных дней.
3. Просмотр и поиск необходимой пользователю информации.
4. Сортировка данных по различным критериям.
5. Ведение движения личного состава.
6. Ведение табеля отпусков сотрудников за период.
7. Генерация необходимых документов в Microsoft Word.
8. Экспорт данных в Microsoft Excel.

Кроме того, разрабатываемая система должна быть проста в использовании и не требовать какой-либо специальной подготовки пользователя, обладать невысокими системными требованиями и иметь малый размер [2].

На данный момент имеется большое количество организаций, где данный процесс находится на довольно низком уровне, документы заполняются от руки, что тратит рабочее время сотрудников. Данный алгоритм был разработан с целью автоматизации процесса оформления и актуализации данных о сотрудниках в организации.

Результаты.

На рисунке 1 проиллюстрирован разработанный алгоритм работы человека в подсистеме «пользователь – ПК – среда».

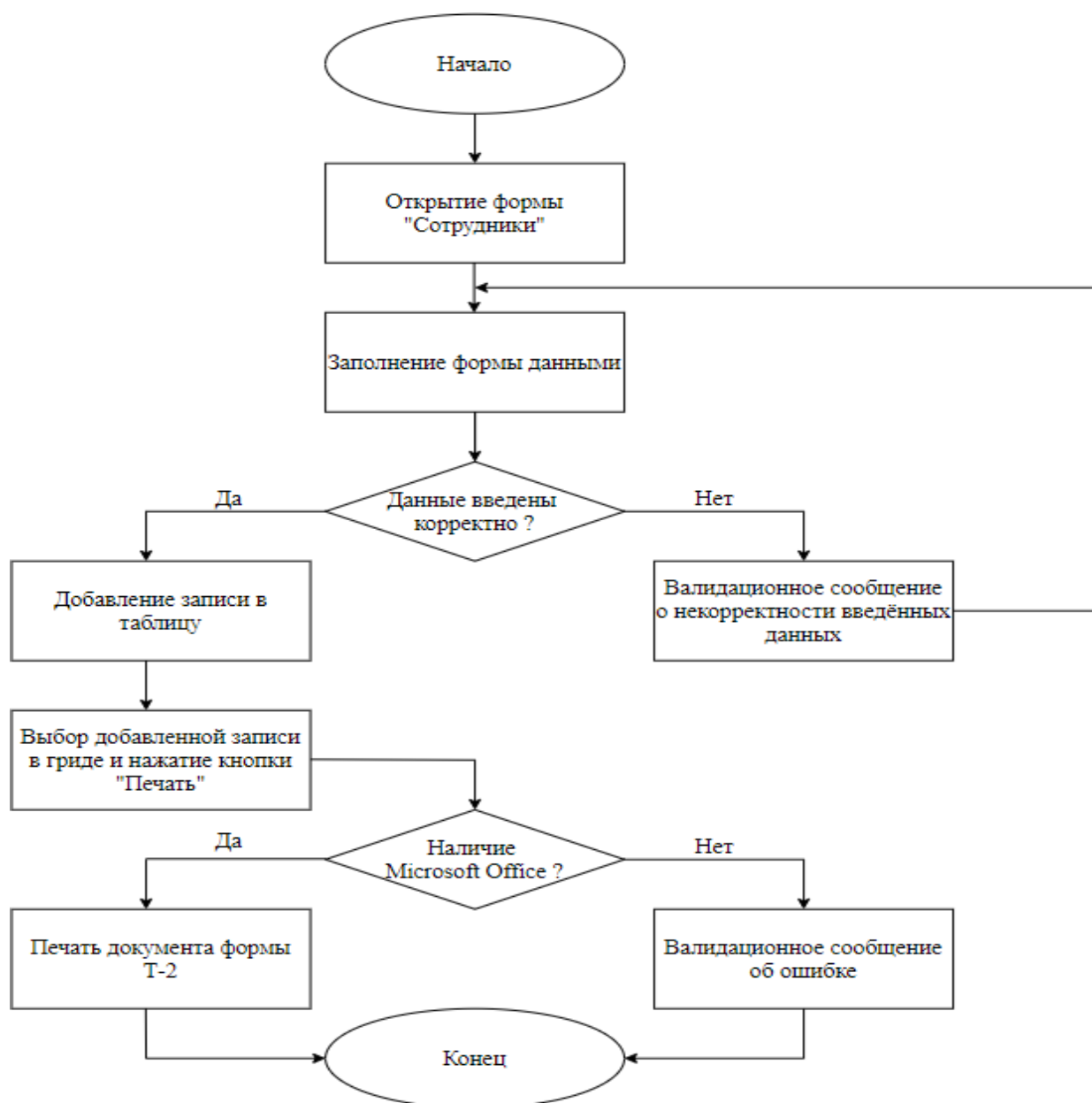


Рисунок 1. Алгоритм работы пользователя

Алгоритм использует следующие заранее определенные функции [3]:

- AddRecordClick (object sender, RoutedEventArgs e), которая позволяет добавить информацию о сотруднике в базу данных. Данная функция выполняется на шаге «Добавление записи в таблицу»

- Print_Click (object sender, RoutedEventArgs e), которая позволяет пользователю распечатать готовую карточку по форме Т – 2 для упрощения процедуры оформления сотрудника. Данная функция выполняется на шаге «Печать документа формы Т – 2» и представлена на рисунке 2 [2].


```
private void Print_Click(object sender, RoutedEventArgs e)
{
    docsc = new PrintDocs();
    try
    {
        string path = System.IO.Path.GetDirectoryName(Assembly.GetEntryAssembly().Location);
        var wordApp = new Microsoft.Office.Interop.Word.Application();
        wordApp.Visible = false;
        var wordDocument = wordApp.Documents.Open(path + @"\CardTemplate\PersonalCard.doc");
        docsc.ReplaceWordStub("{Code}", EmploymentContractCode.Text, wordDocument);
        docsc.ReplaceWordStub("{SecondName}", WorkerSNameTextBox.Text, wordDocument);
        docsc.ReplaceWordStub("{FirstName}", WorkerFNameTextBox.Text, wordDocument);
        docsc.ReplaceWordStub("{ThirdName}", WorkerTNameTextBox.Text, wordDocument);
        docsc.ReplaceWordStub("{BirthDay}", BirthDay.SelectedDate.Value.ToShortDateString(), wordDocument);
        docsc.ReplaceWordStub("{BirthPlace}", BirthPlace.Text, wordDocument);
        docsc.ReplaceWordStub("{Nationality}", Nationality.Text, wordDocument);
        docsc.ReplaceWordStub("{Form}", EducationalInstituteEducationalForm.Text, wordDocument);
        docsc.ReplaceWordStub("{InstituteName}", EducationalInstituteName.Text, wordDocument);
        docsc.ReplaceWordStub("{Kind}", DiplomaKindTextBox.Text, wordDocument);
        docsc.ReplaceWordStub("{SpecialtyName}", SpecialtyNameTextBox.Text, wordDocument);
        docsc.ReplaceWordStub("{SpecialtyName}", SpecialtyNameTextBox.Text, wordDocument);
        docsc.ReplaceWordStub("{DateEnd}", DateEndDateTimePicker.SelectedDate.Value.ToShortDateString(), wordDocument);
        docsc.ReplaceWordStub("{SpecialtyName}", SpecialtyNameTextBox.Text, wordDocument);
        docsc.ReplaceWordStub("{PostName}", PostNameTextBox.Text, wordDocument);
        docsc.ReplaceWordStub("{Experience}", EmploymentContractExperience.Text, wordDocument);
        docsc.ReplaceWordStub("{Experience}", EmploymentContractExperience.Text, wordDocument);
        docsc.ReplaceWordStub("{FamilyStatus}", FamilyStatus.Text, wordDocument);
        docsc.ReplaceWordStub("{PasportNumber}", PasportNumber.Text, wordDocument);
        docsc.ReplaceWordStub("{Agency}", Agency.Text, wordDocument);
        docsc.ReplaceWordStub("{DateFrom}", DateFrom.SelectedDate.Value.ToShortDateString(), wordDocument);
        docsc.ReplaceWordStub("{DateTo}", DateTo.SelectedDate.Value.ToShortDateString(), wordDocument);
        docsc.ReplaceWordStub("{PersonalNumber}", PersonalNumber.Text, wordDocument);
        docsc.ReplaceWordStub("{HomeAddress}", HomeAddress.Text, wordDocument);
        docsc.ReplaceWordStub("{Phone}", Phone.Text, wordDocument);
        docsc.ReplaceWordStub("{TimeNow}", DateTime.Now.ToShortDateString(), wordDocument);
        wordDocument.SaveAs(path + @"\ReadyCards\{WorkerSNameTextBox.Text}.doc");
        wordApp.Visible = true;
    }
    catch(Exception ex) { }
```

Рисунок 2. Функция печати документа по форме Т – 2

Заключение.

Был определён и разработан алгоритм взаимодействия пользователя с системой, создан макет графического интерфейса пользователя. В рамках анализа были определены, а затем разработаны необходимые функции, которые должны соответствовать разработанному алгоритму, реализована база данных. На основании полученной информации можно в дальнейшем приступить к полноценному использованию данной системы.

Список использованных источников

- [1] Шупейко, И. Г. Эргономическое проектирование систем «человек-компьютер-среда». Курсовое проектирование : учеб.-метод. пособие / И. Г. Шупейко. – Минск : БГУИР, 2012. – 92 с.
- [2] Орлов С. А. Технологии разработки программного обеспечения: Учебник для вузов. 4-е изд. / С. А. Орлов, Б. Я. Цилькер – СПб: Питер, 2012. – 608 с.
- [3] Утилита для разработки диаграмм UMLet [Электронный ресурс]. – UMLet описание – Microsoft, 2019– Режим доступа: <https://www.umlet.com> – Дата доступа 25.03.2022..
- [4] Система управления базами данных (СУБД) Microsoft SQL Server 2017 [Электронный ресурс]. – Microsoft SQL Server описание – Microsoft, 2019 – Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/sql/sql-server/editions-and-components-of-sql-server-2017?view=sql-server-2017> – Дата доступа 25.03.2022.

AN ALGORITHM FOR A DESKTOP APPLICATION TO AUTOMATE THE WORK OF A HUMAN RESOURCES SPECIALIST

A.G. NOVIK

*3rd year student of the Department
of Engineering Psychology and
Ergonomics*

A.V. VOROBAY

*Postgraduate student of the Department of Engineering
Psychology and Ergonomics, Assistant of the
Department of Engineering Psychology and
Ergonomics, Master of Engineering*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus
E-mail: novik.artsem2000@gmail.com, vorobey@bsuir.by*

Abstract. Personnel department is a structure in an organization that deals with personnel management. HR department is not only a functional unit, it is also the face of the company, as it is in the HR department any applicant begins to get acquainted with the organization. The purpose of HR department is to contribute to achieving the goals of the company by providing the company with the necessary personnel and effective use of the potential of workers. Recruitment of employees is carried out with the help of specially developed strategies: submission of information about vacancies in the mass media and employment services, application of methods of selection, testing, procedures of adaptation of specialists and further professional development. This paper proposes an algorithm of a desktop application to automate the work of a human resources specialist. As a result, an information system in the form of a desktop application is implemented, which will simplify the process of hiring an employee

Keywords: personnel department, algorithm of user interaction with the system, Form T-2, AddRecordClick function, Print_Click function.

УДК 004.6-024.11:004.

ГРАФ ЗНАНИЙ И МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ КАК ИТ СРЕДА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ ИНТЕРНЕТ ИСТОЧНИКОВ



М.П. Батура



И.И. Пилецкий



Н.А. Волорова



П.А. Зорко



А.О. Кулевич .

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

E-mail: bmpbel@bsuir.by, ianmenski@gmail.com, volorova@bsuir.by, polina.zorko16@gmail.com, kulevich.01@gmail.com,

М.П. Батура

Заведующий лабораторией НИЛ 8.1 «Новые обучающие технологии» БГУИР, Доктор технических наук, профессор, академик «Международной академии наук высшей школы», заслуженный работник образования Республики Беларусь. Область научных исследований: Системный анализ, управление и обработка информации в технических и организационных системах. Опубликовано более 150 научных работ.

И.И. Пилецкий

Кандидат физико-математических наук, доцент БГУИР, имеет более 100 публикаций, сфера научных интересов – разработка проектов по обработке больших объёмов данных.

Н.А. Волорова

Заведующая кафедрой информатики БГУИР, кандидат технических наук, доцент. В сфере ИТ более 40 лет. Имеет более 140 публикаций, сфера научных интересов – модели сложных систем.

П.А. Зорко

Студент БГУИР специальности «Информатика и технологии программирования».

А.О. Кулевич

Студентка БГУИР специальности «Информатика и технологии программирования».

Аннотация. В статье приводится описание архитектурных и технологических решений совместного использования графовых БД, графов знаний и методов машинного обучения (ML) для построения прототипа компонента системы интеллектуального анализа данных интернет источников. Приводятся принятые решения по созданию платформы для решения задач с помощью совместного использования графовых БД и ML, демонстрируются полученные результаты.

Ключевые слова: интернет-источники, Big Data, анализ, графовая БД, граф знаний, Neo4j, Embedding

Введение.

В настоящее время в окружающем нас мире циркулируют огромные потоки информации. Повсеместная информатизация приводит к накоплению огромных объёмов данных в науке, производстве, бизнесе, транспорте, здравоохранении. Поэтому в любой организации, как большой, так и маленькой, возникает проблема такой организации управления данными, которая обеспечила бы наиболее эффективную работу. Возникающие при этом задачи анализа данных, прогнозирования, управления и принятия решений стали выполняться с помощью машинного обучения.

Машинное обучение, по мнению аналитиков, является самым многообещающим технологическим трендом современности. Машинное обучение базируется на идее о том, что аналитические системы могут учиться выявлять закономерности и принимать решения с минимальным участием человека.

Широкое распространение получило использование машинного обучения в графовых базах данных. Графовые технологии - это основа для создания интеллектуальных приложений, позволяющая делать более точные прогнозы и быстрее принимать решения. Графы лежат в основе широкого спектра вариантов использования искусственного интеллекта (ИИ), начиная от разработки лекарств до рекомендаций по дружбе в социальных сетях.

Совместное применение методов и алгоритмов машинного обучения с графовыми технологиями позволяет получать скрытые зависимости и выполнять предиктивный анализ информации, получать ответы в режиме реального времени, реализовывать алгоритмы искусственного интеллекта.

Аналитическая обработка переопределила выполнение некоторых бизнес-процессов, поскольку расширенная аналитика в реальном времени становится неотъемлемой частью самого процесса, а не отдельной выполняемой операцией после факта [1].

Как правило при решении задачи перехода от неформальных данных к знаниям нужно решать две проблемы: представление знаний и обучение знаниям. Для представления знаний применяют различные методы моделирования информации. Так, граф знаний (KG – Knowledge graph) - используется для представления знаний. Графы знаний состоят из набора взаимосвязанных типизированных объектов и их атрибутов. С помощью комбинации графовых технологий и применения методов анализа графовых моделей и машинного обучения (ML) создается технологии глубокого анализа данных интернет источников. Для создания компонента системы анализа данных необходимо решить несколько непростых задач: построение графовой БД и графа знаний предметной области, определении существенных свойств из графовой модели для дальнейшего анализа данных, преобразовании выбранных свойств в векторное представление, выбор подходящего алгоритма ML и применении его для глубокого анализа данных.

Граф знаний, графовые алгоритмы и машинное обучение.

Граф знаний (KG – Knowledge graph) стал одним из самых мощных инструментов для моделирования отношений между субъектами в различных областях, от биотехнологий до электронной коммерции, от моделирования искусственного интеллекта до применения в различных сферах финансовых технологий. Современные KG используются в различных приложениях, включая поисковые системы, социальные сети, чат-боты, коммерческие системы рекомендаций покупок.

Gartner прогнозирует, что к 2025 году графовые технологии будут использоваться в 80% инноваций в области данных и аналитики по сравнению с 10% в 2021 году, что облегчит быстрое принятие решений по всей организации [2].

Графы знаний являются частным случаем более общей категории графов. Граф знаний — это как правило помеченный и ориентированный граф, который получается путем анализа и фильтрации исходных данных.

В общем случае, графы знаний представляют собой взаимосвязанные наборы некоторых данных, которые описывают реальные сущности и их отношения друг с другом в простом и понятном виде, в виде графовой модели.

Граф знаний позволяет собирать и объединять данные в информацию, используя отношения данных для получения новых знаний. При построении графовых БД сущности (узлы) и отношения как правило дополняются различными характеристиками, свойствами, атрибутами, что составляет контент модели предметной области. Данный контент используется в системах искусственного интеллекта и графовой аналитике чтобы быстро и точно дать ответ. Например, возьмем обычный граф, который представляет собой

географическую карту, содержащую названия и координаты городов. Тогда, чтобы получить простой граф знаний, можно просто посчитать расстояния между городами. Следовательно, вместо того, чтобы вычислять все расстояния при выполнении запроса, можно сразу спросить: каков кратчайший маршрут между точкой А и точкой В. Предварительный расчет расстояний — это простой шаг, но он значительно ускоряет географический анализ, позволяя также легко тестировать различные сценарии. Например, каков кратчайший путь между А и В, зная, что точка С внезапно недоступна?

Существует множество возможных вариантов использования мощной комбинации графов и ML. Применяя машинное обучение для графа знаний, например, можно выполнить классификацию узлов в графе (зеленые, белые, красные), кластеризацию узлов или предсказать отсутствующие соединения между узлами.

Для решения задач с помощью машинного обучения нужно преобразовать пространство, в котором находится граф, в другое пространство для машинного обучения – векторное пространство для которого применимы известные алгоритмы машинного обучения (на пример, node2vec или GraphSAGE). Данное преобразование выполняется с помощью не простой методологии выделения вектора свойств называемого включением (embedding).

Графы знаний являются основой Graph Data Science (GDS) и применяются для оптимизации различных рабочих процессов, для получения ответов на непростые интеллектуальные запросы.

Графовые алгоритмы, как правило, классифицированы следующим образом: Pathfinnding, Centrality и Community Detection. Графовые включения – это методология представление свойств сущностей (узлов) и свойств отношений в графе как вектор свойств некоего пространства размерностью намного меньшей, чем их количество в графе, что позволяет более глубоко анализировать графовую модель, различными алгоритмами в ML.

Графовые технологии - это основа для создания интеллектуальных приложений, позволяющая делать более точные прогнозы и быстрее принимать решения. Граф знаний - одна из основных областей ИИ, которая позволяет понимать предписывающую аналитику и приложения ИИ).

Для решения различных задач может быть применена модель ML и многие алгоритмы с учителем и без учителя. Часть из этих алгоритмов можно применять для более глубокого анализа информации в графовых базах данных. Процесс глубокого обучения использует глубокие искусственные нейронные сети и ML в качестве моделей.

Гибридная транзакционная и аналитическая обработка может потенциально переопределить способ выполнения некоторых бизнес-процессов, поскольку расширенная аналитика в реальном времени становится неотъемлемой частью самого процесса, а не отдельной выполняемой операцией после факта. Гибридная транзакционная и аналитической обработки данных может быть применена в таких областях как: транзакции, маршрутизация, логистика, IoT, социальные сети, кибер-безопасность, обнаружение мошенничества в реальном времени, выдавать рекомендации в реальном времени в сфере услуг, мониторинг и управление различными физическими сложными сетями в реальном времени, предсказание поведения социальных групп и др.

Использование информации графовых моделей и ML, позволяют получать скрытые зависимости и выполнять предиктивный анализ информации, получать ответы в режиме реального времени, реализовывать алгоритмы искусственного интеллекта (ИИ), отслеживать решения ИИ.

Embedding, графовые включения.

В реальном мире большинство данных это неструктурированные данные или данные, содержащие неструктурированное содержимое (например, текст, изображения, аудио, песни). Чтобы использовать эти типы данных для задач машинного обучения, нужны

компактные векторные представления свойств этих типов данных с действительными значениями. Эти векторы свойств называются включениями (embedding).

Графовые включения – это представление узлов и отношений в графе как вектор свойств. В качестве значений вектора свойств могут быть выбраны некоторые атрибуты вершин и отношений. В зависимости от поставленной задачи эти свойства или атрибуты узлов и ребер, могут быть разными. Данные ML технологии могут быть комбинированы с другими методами для улучшения аналитических результатов и нахождения скрытых зависимостей.

Идея, лежащая в основе подходов к обучению представления, состоит в том, чтобы изучить отображение, которое представляет узлы или целые (под)графы, как точки в низкоразмерном векторном пространстве R^d . Цель состоит в том, чтобы оптимизировать это отображение так, чтобы геометрические отношения в этом изученном пространстве отображали структуру исходного графа. После оптимизации пространства отображения, изученные представления могут быть использованы в качестве входных данных для последующих задач машинного обучения.

Технология embedding использует алгоритм кодер-декодер, который состоит из функции кодер и декодер. Кодер отображает узел V^i в низкоразмерное векторное пространство z^i на основе положения узла в графе, его структуры локальных окрестностей и/или его атрибутов. Затем декодер извлекает указанную пользователем информацию из низкоразмерного пространства; это может быть информация о локальной окрестности графа V^i (например, идентификация его соседей) или метка классификации, связанная с V^i (например, метка сообщества). Совместно оптимизируя кодер и декодер, система учится сжимать информацию о структуре графа в низкоразмерное пространство представлений [3]. Схематически алгоритм кодер-декодер представлен на рисунке 1.

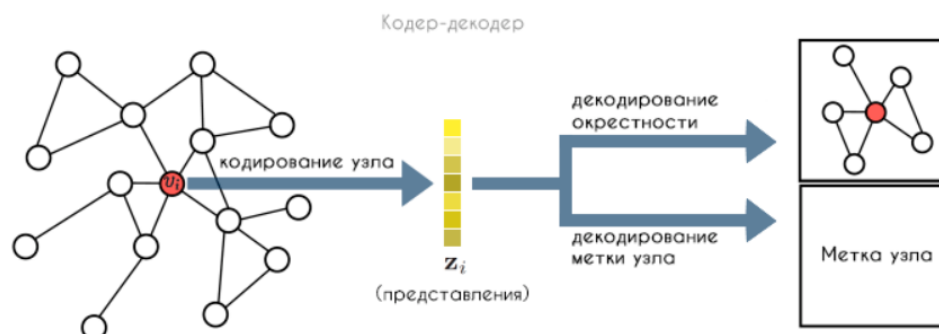


Рисунок 1. Алгоритм кодер-декодер

Для графовых БД применяются функции кодирования и восстановления списка ребер и вершин, их свойств по полученному представлению графа. Функция кодер позволяет выделить важные свойства графа, а функция декодер позволяет визуализировать полученный результат в графическом виде, а также делать предсказание. Например, для взаимодействия графов и нейросетей можно использовать методы, которые находятся в свободном доступе: DeepWalk (word2vec), Node2Vec, 2D CNN, Graph Convolutional Networks [4].

Среда для интеллектуального анализа данных Интернет источников.

В качестве ИТ платформы использовалась среда разработки Neo4j Desktop. С Neo4j Desktop можно создавать и управлять любым количеством локальных баз данных, которое может поддерживать компьютер. Базы данных Neo4j размещаются в экземпляре системы управления базами данных (СУБД), и, начиная с Neo4j 4.0, можно иметь одну или несколько баз данных в одном экземпляре СУБД. Поскольку Desktop может запускать все поддерживаемые в настоящее время версии базы данных Neo4j, можно создать один или

несколько экземпляров СУБД для поддержки разных версий Neo4j, разделить свои базы данных по типу данных, которые они содержат, или другим определённым образом для достижения конкретной желаемой конфигурации СУБД. С помощью Neo4j Desktop можно управлять конфигурацией СУБД, добавлять плагины, просматривать журналы, создавать резервные копии и восстанавливать данные, обновлять версии Neo4j и многое другое, чтобы получить полный жизненный цикл работы с Neo4j.

Graph Data Science Library – это библиотека, которая предоставляет эффективно реализованные параллельные версии общих графовых алгоритмов для Neo4j 3.x и Neo4j 4.x, представленных в виде функций Cypher.

Для анализа данных Интернет источников используются специальные плагины Graph Data Science Library (GDSDL) и APOC, которые нужно установить заранее.

Библиотека содержит реализации для следующих типов алгоритмов [5]:

- Поиск пути (Path Finding) – эти алгоритмы помогают найти кратчайший путь или оценить доступность и качество маршрутов;
- Центральность (Centrality) – эти алгоритмы определяют важность отдельных узлов в сети;
- Обнаружение сообщества (Community Detection) – эти алгоритмы оценивают, как группа кластеризуется или секционируется, а также ее тенденцию к укреплению или распаду;
- Сходство (Similarity) – эти алгоритмы помогают вычислить сходство узлов;
- Предсказание топологических связей (Topological link prediction) – эти алгоритмы определяют близость пар узлов;
- Вложения узлов (Node Embeddings) – эти алгоритмы вычисляют векторные представления узлов в графе;
- Классификация узлов (Node Classification) – этот алгоритм использует машинное обучение для прогнозирования классификации узлов;
- Прогнозирование ссылок (Link prediction) – эти алгоритмы используют машинное обучение для прогнозирования новых связей между парами узлов.

APOC (Awesome Procedures on Cypher) – вспомогательный плагин для базы данных. Библиотека APOC считается самой большой и наиболее широко используемой библиотекой расширений для Neo4j. Она включает более 450 стандартных процедур, обеспечивающих функциональные возможности для утилит, преобразований, обновлений графов и многого другого. Они хорошо поддерживаются, и их очень легко запускать как отдельные функции или включать в запросы Cypher.

Примеры совместного применения графа знаний и машинного обучения.

В современном мире огромное влияние уделяется так называемым управляемым знаниям. Ставится задача создания «интеллектуальной фабрики знаний», обеспечивающей постоянную генерацию новых знаний, непрерывно анализирующей множество разрозненных источников данных. Решением являются графы знаний, имеющие в своем составе графовые хранилища семантических метаданных (или знаний, формализованных с помощью специальных формальных семантических языков) и онтологии, которые выступают в роли полуструктурированной концептуальной схемы предметной области. Именно последнее качество принципиально отличает графы знаний от баз данных, позволяя решать трудноформализуемые интеллектуальные задачи, смещая фокус с задачи хранения данных в сторону связывания, повторного использования и согласованной циркуляции данных. В свою очередь перечисленные аспекты позволяют превратить данные компании в так называемые активные знания (active knowledge) за счет применения современных методов машинного обучения, специализированных для графовых моделей представления данных.

Гибкость и удобство использования графов знаний продемонстрируем на примерах.

В качестве первого примера построим граф знаний содержащий пищевые продукты, их ингредиенты, аллергены и некоторые другие данные (более 6 миллионов продуктов с ингредиентами [6]).

Общее представление полученного графа представлено на рисунке 2.

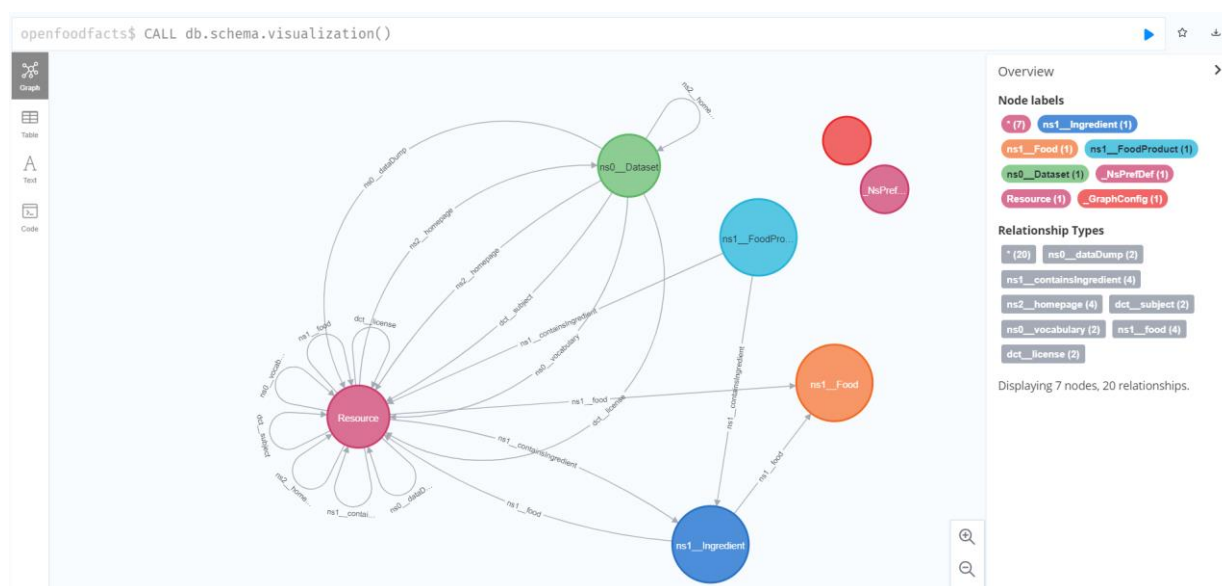


Рисунок 2. Общее представление схемы графовой базы данных

В данной БД основными типами узлов являются:

- *FoodProduct* – продукты;
- *Food* – ингредиенты, которые могут содержаться в продуктах;
- *Ingredient* – промежуточные узлы, соединяющие узлы *FoodProduct* и *Food*, в которых указывается, сколько ингредиента содержится в продукте.

Основными типами связей являются:

- *containsIngredient* – соединяет продукт *FoodProduct* и промежуточный узел *Ingredient*;
- *food* – соединяет промежуточный узел *Ingredient* и ингредиент *Food*.

Используя данный граф знаний, мы легко можем продемонстрировать 15 самых популярных ингредиентов, которые используются в продуктах. Для этого нам понадобится рассмотреть только узлы *FoodProduct*, *Ingredient*, *Food* и связи между ними.

Следующий запрос используется для подсчета использования каждого ингредиента и выводит топ 15 из них:

```
MATCH (:ns2__FoodProduct)-[:ns2__containsIngredient]->()-[:ns2__food]-
(i:ns2__Food)
RETURN i.ns2__name as name, count(*) as Popularity
ORDER BY Popularity DESC
LIMIT 15
```

Результат запроса продемонстрирован в формате таблицы на рисунке 3.

	name	Popularity
1	"Salt"	483566
2	"Sugar"	353868
3	"Water"	320053
4	"Citric acid"	139108
5	"Natural flavor"	134465
6	"Wheat flour"	125080
7	"Spices"	95002

Рисунок 3. Результат работы алгоритма по подсчету популярности ингредиентов

Сохраним полученные данные в файл формата csv, чтобы в дальнейшем их использовать.

Построим гистограмму популярности ингредиентов. Для решения данной задачи будем использовать возможности языка Python. Следующий код позволяет нам получить данные из файла формата csv и представить их в виде гистограммы:

```
import matplotlib.pyplot as plt
import csv
with open('food.csv', newline='') as csvfile:
    food_reader = csv.reader(csvfile, delimiter=',')
    food_reader = list(food_reader)[1:]
    names = [ingr[0] for ingr in food_reader]
    values = [int(ingr[1]) for ingr in food_reader]
    print(values)
    index = [i for i in range(len(values))]
    plt.bar(index, values)
    plt.xticks(index, names, size='small')
    plt.show()
```

Полученная гистограмма представлена на рисунке 4.

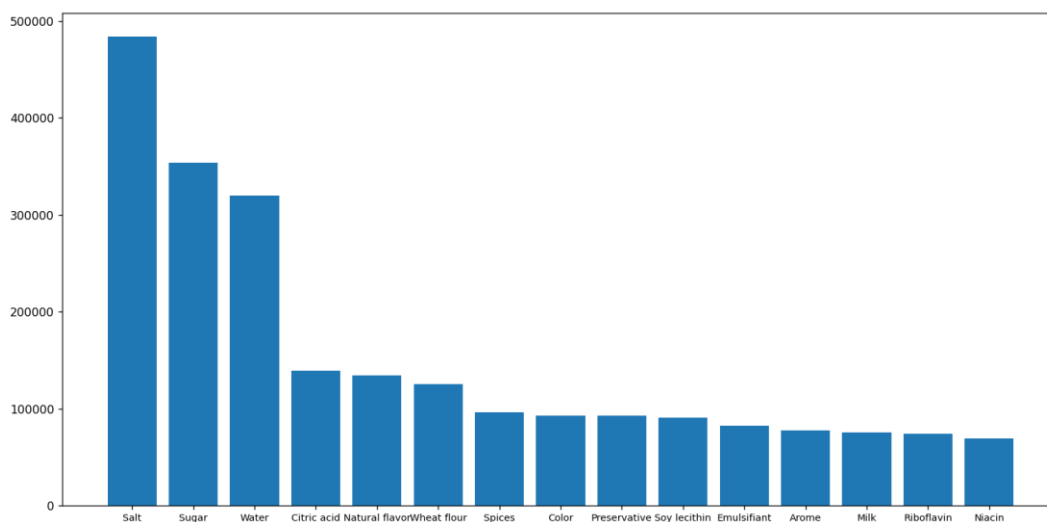


Рисунок 4. Гистограмма популярности ингредиентов

Таким образом, благодаря удобной структуре графа знаний, с помощью небольшого запроса мы смогли определить топ 15 ингредиентов и представили их популярность в наглядном виде. Проанализировав полученную гистограмму легко можем заметить, что самым популярным ингредиентами являются соль, сахар, вода, усилители вкуса, мука. Далее можно выполнить анализ какие продукты полезны, а какие нет исходя из рекомендаций ВОЗ, на пример, можем найти все продукты, которые не содержат пальмовое масло и содержания соли которых на 100 г меньше 0,5 г.

Для следующего примера будем использовать набор данных европейских дорог. Набор данных содержит 894 города и 1250 дорог, соединяющих их. Также есть страна, которой принадлежит город (см. Neo4j Desktop [5]).

Схема полученной базы данных приведена на диаграмме ниже (рисунок 5):

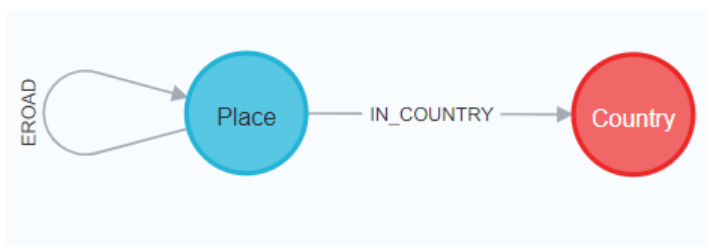


Рисунок 5. Схема графа Европейских дорог

Продемонстрируем в виде гистограммы общую продолжительность магистральных и автомобильных дорог каждой страны.

Для подсчета общей продолжительности дорог каждой страны используется приведенный ниже запрос:

```
MATCH (c:Country)<-[:IN_COUNTRY]-(:Place)-[r:EROAD]->(:Place)
RETURN c.code as code, sum(r.distance) as Total_Length
ORDER BY Total_Length DESC
```

Для построения гистограммы используется следующий код на языке Python:

```
import matplotlib.pyplot as plt
import csv
with open('roads.csv', newline='') as csvfile:
    road_reader = csv.reader(csvfile, delimiter=',')
    road_reader = list(road_reader)[1:]
    country_codes = [road[0] for road in road_reader]
    values = [int(road[1]) for road in road_reader]
    print(values)
    index = [i for i in range(len(values))]
    plt.bar(index, values)
    plt.xticks(index, country_codes, size='small')
    plt.show()
```

Результат работы данного кода представлен на рисунке 6:

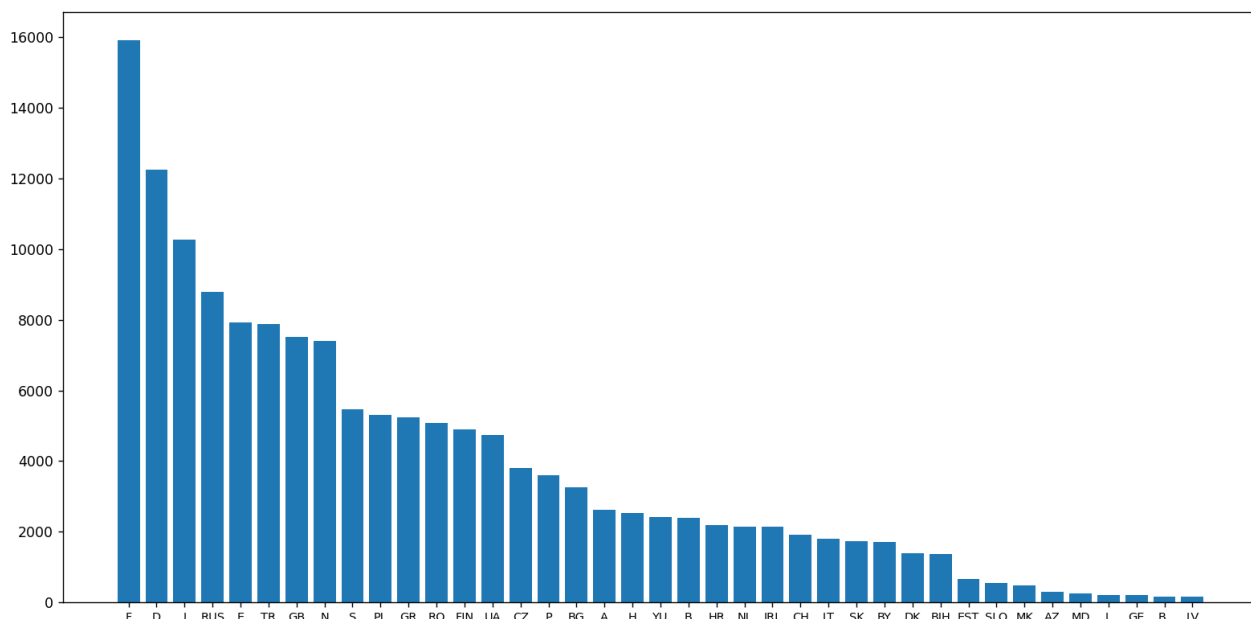


Рисунок 6. Гистограмма продолжительности дорог по странам

Проанализировав гистограмму можно заметить, что Беларусь занимает 28 место по продолжительности магистральных и автомобильных дорог.

Следующий пример также будет строиться на базе данных автомобильных дорог.

Продемонстрируем работу алгоритма graph embedding. Используем алгоритм node2vec, который является одним из 2 алгоритмов встраивания (embedding), доступных в библиотеке Graph Data Science. Node2vec создает вложения на основе смещенных случайных блужданий окрестности узла.

Сначала запустим потоковую версию этой процедуры, которая возвращает поток идентификаторов узлов и вложений. Алгоритм имеет следующие обязательные параметры: **nodeProjection** – метки узлов, которые будут использоваться для проецируемого графа;

relationshipProjection – типы отношений, которые будут использоваться для проецируемого графа;

embeddingDimension – размер вектора/списка чисел, создаваемых для каждого узла;

iterations – количество итераций для выполнения.

Также уточним *walkLength*, что определяет количество шагов в каждом случайном блуждании. Значение по умолчанию равно 80, что кажется слишком большим для такого маленького графа.

Запустим алгоритм с помощью следующего запроса:

```
CALL gds.beta.node2vec.stream({
  nodeProjection: "Place",
  relationshipProjection: {
    eroad: {
      type: "EROAD",
      orientation: "UNDIRECTED"
    }
  },
  embeddingDimension: 10,
  iterations: 10,
  walkLength: 10
})
```

YIELD nodeId, embedding

RETURN gds.util.asNode(nodeId).name AS place, embedding

LIMIT 5;

В relationshipProjection, укажем orientation: "UNDIRECTED", чтобы направление связи типа EROAD игнорировалось на проецируемом графе, с которым работает алгоритм.

Если выполним запрос, он вернет следующий результат, приведенный в таблице 1:

Таблица 1. Результаты запроса

place	embedding
"Larne"	[0.9289653301239014, 0.7726005911827087, 0.08407653123140335, -1.3916348218917847, 1.163403868675232, -2.1654694080352783, 3.3044044971466064, 0.5551645159721375, 0.2188272476196289, -0.1902276873588562]
"Belfast"	[1.4064077138900757, 1.123956561088562, 0.2082871049642563, -1.5443018674850464, 1.2832289934158325, -2.380089521408081, 3.623403549194336, 0.9978418946266174, 0.49655747413635254, -0.31815648078918457]
"Dublin"	[1.6048322916030884, 0.87335205078125, 0.7916964888572693, -0.6670299768447876, 1.1776026487350464, -2.270751714706421, 2.982720136642456, 1.2146323919296265, 1.127911925315857, -0.8818912506103516]
"Wexford"	[1.998420000076294, 1.7016336917877197, 1.0729856491088867, -0.24083521962165833, 0.708989143371582, -1.944329857826233, 2.500248670578003, 1.5418587923049927, 1.3439892530441284, -0.41184690594673157]
"Rosslare"	[2.0829923152923584, 2.1498963832855225, 1.286923885345459, 0.12702038884162903, 0.5306026935577393, -1.8138670921325684, 2.3255913257598877, 1.8290250301361084, 1.0674598217010498, -0.38719895482063293]

Числа в таблице подставляют собой координаты векторов. Эта процедура недетерминирована, поэтому при каждом ее выполнении будем получать разные результаты.

Этот же результат продемонстрированный в виде точек на плоскости (Limit 1000) (смотрите рисунок 7):

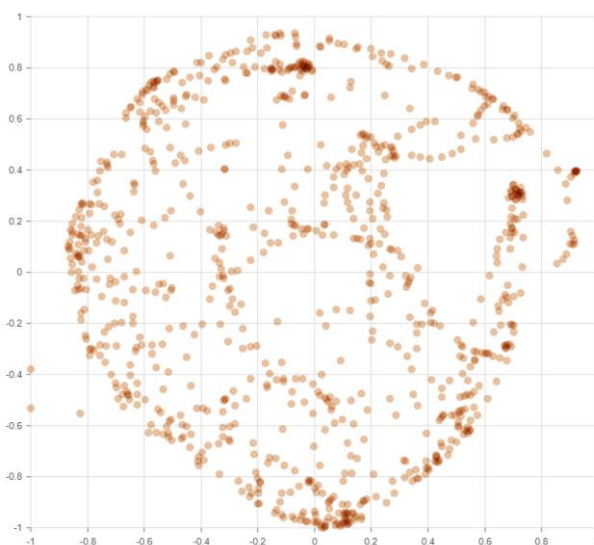


Рисунок 7. Результат работы алгоритма graph embedded для 1000 элементов

Дальнейшее исследование будет проще, если сохраним вложения в Neo4j Desktop в базу данных neo4j, поэтому сделаем это, используя версию процедуры для записи.

Теперь рассмотрим graph embeddings с использованием языка программирования Python, драйвера Python Neo4j и некоторых популярных библиотек Data Science. Создадим диаграмму рассеяния встраивания и посмотрим, можно ли определить, к какой стране относится город, посмотрев на ее встраивание.

Необходимые библиотеки можно установить, выполнив следующую команду:
pip install neo4j sklearn altair

Создадим файл с именем roads.py и вставим следующие инструкции:

```
from neo4j import GraphDatabase
from sklearn.manifold import TSNE
import numpy as np
import altair as alt
import pandas as pd
driver = GraphDatabase.driver("bolt://localhost:7687(your_host)", auth=("neo4j",
"1234567890(your_password)"))
```

Первые несколько строк импортируют необходимые библиотеки, а последняя строка создает соединение с базой данных Neo4j. Нужно будет изменить Bolt URL-адрес и учетные данные в соответствии с нашей собственной базой данных.

Используем драйвер для выполнения запроса Cypher, который возвращает вложение для городов в таких странах, как Испания, Великобритания, Франция, Турция, Италия, Германия и Греция. Ограничение числа стран облегчит обнаружение любых закономерностей. После выполнения запроса преобразуем результаты в фрейм данных Pandas:

```
with driver.session(database="neo4j") as session:
    result = session.run("""
MATCH (p:Place)-[:IN_COUNTRY]->(country)
WHERE country.code IN $countries
RETURN p.name AS place, p.embeddingNode2vec AS embedding, country.code AS
country
""", {"countries": ["E", "GB", "F", "TR", "I", "D", "GR"]})
X = pd.DataFrame([dict(record) for record in result])
```

Теперь приступим к анализу данных.

На данный момент наши вложения имеют размерность 10, но нам нужно, чтобы они были размером 2, чтобы мы могли визуализировать их в 2 измерениях. Алгоритм t-SNE – это метод уменьшения размерности, который уменьшает объекты высокой размерности до 2 или 3 измерений, чтобы их можно было лучше визуализировать. Используем его для создания координат x и y для каждого вложения.

Следующий фрагмент кода применяет t-SNE к вложениям, а затем создает фрейм данных, содержащий каждое место, его страну, а также координаты x и y.

```
X_embedded = TSNE(n_components=2,
random_state=6).fit_transform(list(X.embedding))
```

```
places = X.place
df = pd.DataFrame(data = {
    "place": places,
    "country": X.country,
    "x": [value[0] for value in X_embedded],
    "y": [value[1] for value in X_embedded]
})
```

Запустим следующий код для создания диаграммы рассеяния вложений:

```
chart = alt.Chart(df).mark_circle(size=60).encode(  
  x='x',  
  y='y',  
  color='country',  
  tooltip=['place', 'country']  
)  
.properties(width=700, height=400)  
altair_viewer.show(chart)
```

Результат выполнения запроса представлен на рисунке 8:

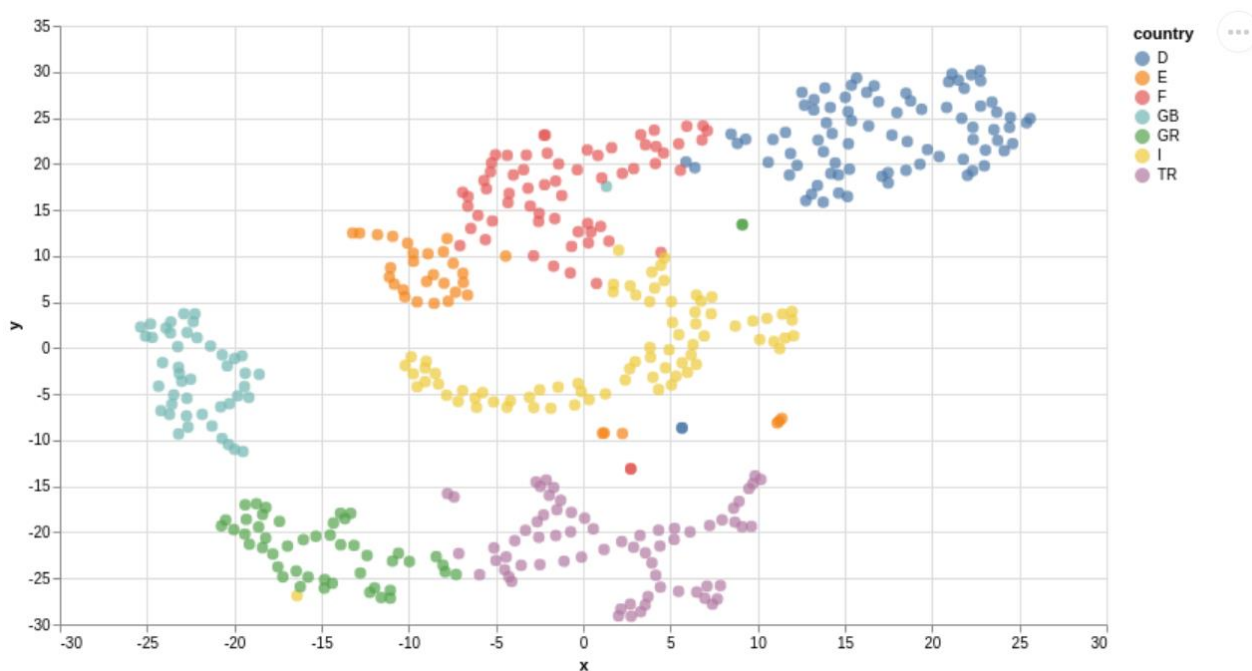


Рисунок 8. Диаграмма рассеяния вложений

При беглом визуальном осмотре этой диаграммы видим, что вложения, сгруппированы по странам.

Для следующего примера будем использовать базу данных содержащую научные статьи, цитаты и их авторов. В ней содержится 629814 научных статей и 632752 цитаты. Нашей задачей является нахождение наиболее важных публикаций и их авторов на заданную тему. Схема графа приведена ниже (рисунок 9):

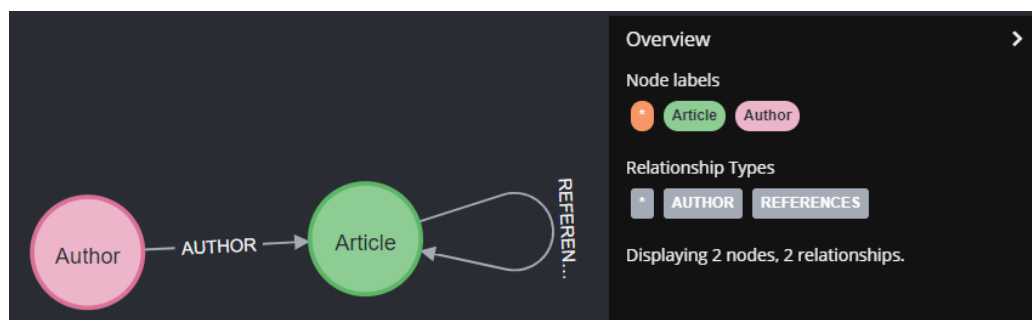


Рисунок 9. Схема графа статей и их авторов

Из схемы видно, что граф состоит из вершин двух типов: авторы и их статьи. Вершины «Авторы», содержащие в себе имя автора в свойстве name, не имеют входящих дуг и ссылаются на свои статьи с помощью дуг «AUTHOR». Вершины «Статьи», хранящие название статьи в свойстве title и аннотацию к ней в свойстве abstract, связаны между собой дугами «REFERENCES». Стоит отметить, что в данном тестовом наборе не все статьи имеют аннотации.

Прежде чем определять наиболее важные публикации, необходимо подготовить граф для применения алгоритмов из библиотеки Graph Data Science. Классический алгоритм PageRank не принимает в расчёт авторов публикаций, поэтому создадим граф только из вершин типов «Article» и дуг типа «REFERENCES». Для того, чтобы указать, с какими вершинами и дугами следует работать библиотеке Graph Data Science, воспользуемся процедурой:

```
CALL gds.graph.create("AGraph", "Article", "REFERENCES")  
Теперь граф доступен по имени «AGraph».
```

Применить алгоритм PageRank на графе можно вызовом соответствующей процедуры. Используя вызов версии «write», можно записать вычисленные значения ранга напрямую в вершины графа. Пример запроса вызова процедуры:

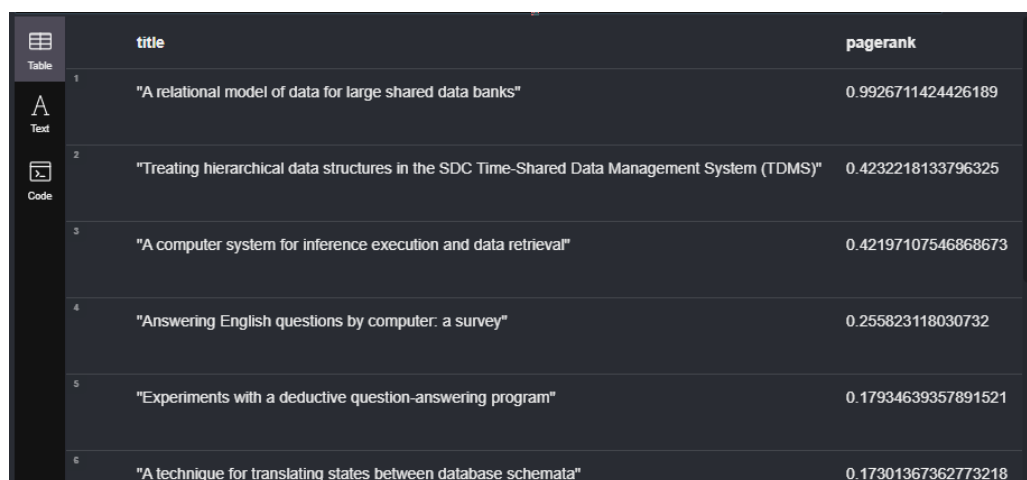
```
CALL gds.pageRank.write("AGraph", {  
  writeProperty: "pagerank",  
  maxIterations: 20,  
  dampingFactor: 0.85,  
  scaler: "L1Norm"})
```

В данном примере вычисленное значение нормализуется и записывается в свойство pagerank вершины.

Попробуем найти наиболее важные работы по отношению к фразе «relational database». Для этого применим модификацию PageRank – Personalized PageRank. В качестве исходных статей выберем все статьи, описываемые ключевой фразой «relational database». Выполним следующий запрос:

```
MATCH (:Keyword {value: "relational database"})-[:DESCRIBES]->()-<-  
[:HAS_ANNOTATED_TEXT]-(a:Article)  
WITH collect(a) AS nodes  
CALL gds.pageRank.stream("AGraph", {  
  maxIterations: 20,  
  dampingFactor: 0.85,  
  sourceNodes: nodes  
}) YIELD nodeId, score  
WHERE score > 0  
RETURN gds.util.asNode(nodeId).title AS title, score AS pagerank  
ORDER BY pagerank DESC, title ASC  
LIMIT 10
```

По результатам запроса можно сделать вывод, что статья с заголовком «A relational model of data for large shared data banks» внесла наибольший вклад в развитие темы «relational database» (рисунок 10).



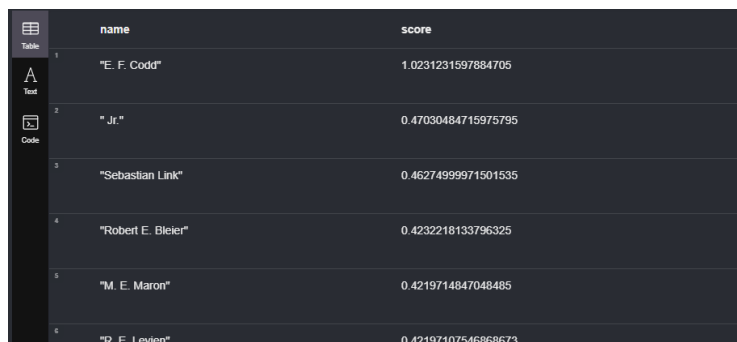
	title	pagerank
1	"A relational model of data for large shared data banks"	0.9926711424426189
2	"Treating hierarchical data structures in the SDC Time-Shared Data Management System (TDMS)"	0.4232218133796325
3	"A computer system for inference execution and data retrieval"	0.42197107546868673
4	"Answering English questions by computer: a survey"	0.255823118030732
5	"Experiments with a deductive question-answering program"	0.17934639357891521
6	"A technique for translating states between database schemata"	0.17301367362773218

Рисунок 10. Наиболее важные статьи на тему «relational database»

Теперь найдём авторов, внёсших наибольший вклад на ту же тему. Так как алгоритм PageRank не предусматривает наличие авторов у статей, определим важность автора как сумму pagerank всех написанных им статей относительно выбранной темы. Выполним следующий запрос:

```
MATCH (:Keyword {value: "relational database"})-[:DESCRIBES]->()-  
[:HAS_ANNOTATED_TEXT]-(a:Article)  
WITH collect(a) AS nodes  
CALL gds.pageRank.stream("AGraph", {  
  maxIterations: 20,  
  dampingFactor: 0.85,  
  sourceNodes: nodes  
}) YIELD nodeId, score  
WHERE score > 0  
WITH gds.util.asNode(nodeId) AS a, score AS pagerank  
MATCH (a)-[:AUTHOR]-(b:Author)  
RETURN b.name AS name, sum(pagerank) AS score  
ORDER BY score DESC, name ASC  
LIMIT 10
```

Список авторитетов на тему «relational database» показан на рисунке 11. На первом месте оказался Е. Ф. Кодд – автор книги, занявшей первое место в предыдущем рейтинге. К слову, Эдгар Франк Кодд – британский учёный, работы которого заложили основы теории реляционных баз данных. Этот факт доказывает работоспособность полученной системы.



	name	score
1	"E. F. Codd"	1.0231231597884705
2	"Jr."	0.47030484715975795
3	"Sebastian Link"	0.46274999971501535
4	"Robert E. Bleier"	0.4232218133796325
5	"M. E. Maron"	0.4219714847048485
6	"R. E. Levien"	0.42197107546868673

Рисунок 11. Авторитеты (эксперты) на тему «relational database»

Заключение.

Результаты приведенные в статье представляют собой инновационный научно-образовательный проект БГУИР. Результаты выполнения проекта используются при обучении студентов и магистрантов по тематике «Обработка больших объемов информации».

В данной статье проанализировано довольно сложное современное направление – представление данных в виде графа знаний и их дальнейшее использование совместно с ML. Продемонстрированы примеры, которые отражают важность графов знаний и совместное применение ML для решения различных практических задач.

Список использованных источников

- [1] Gartner [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.gartner.com/en/research/methodologies> / Дата доступа: 23.02.22.
- [2] Gartner [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2021-03-16-gartner-identifies-top-10-data-and-analytics-technologies-trends-for-2021> / Дата доступа: 20.02.22.
- [3] Habr [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/487138/> / Дата доступа: 19.02.22
- [4] DEEP LEARNING [Электронный ресурс] / Режим доступа: https://jasonyanglu.github.io/files/lecture_notes/%E6%B7%B1%E5%BA%A6%E5%AD%A6%E4%B9%A0_2020/Lecture%2011%20Deep%20Learning%20on%20Graphs.pdf / Дата доступа: 20.02.22.
- [5] Neo4j [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://neo4j.com/developer/graph-data-science/graph-algorithms/> / Дата доступа: 10.02.22
- [6] Open Food Facts [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://world.openfoodfacts.org> / Дата доступа: 25.02.22.

ARCHITECTURAL SOLUTIONS FOR QUICK CONSTRUCTION OF A GRAPHIC DB WEB-SITE AND ANALYSIS OF ITS PROPERTIES

M.P. BATURA I.I. PILETSKI H.A.VOLOROVA P.A. ZORKA A.O. KULEVICH

M.P. Batura

Head of the Laboratory of Research Laboratory 8.1 "New Educational Technologies" BSUIR, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the "International Academy of Sciences of Higher Education", Honored Worker of Education of the Republic of Belarus. Research area: System analysis, management and information processing in technical and organizational systems.

I.I. Piletski

PhD, Associate Professor of BSUIR.

H.A.Volorova

Head of the Department of Informatics at BSUIR, PhD, Associate Professor.

P.A. Zorka

Student of BSUIR Faculty of Computer Science and Programming Technologies..

A.O. Kulevich

Student of BSUIR Faculty of Computer Science and Programming Technologies.

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus
E-mail: bmpbel@bsuir.by, ianmenski@gmail.com, volorova@bsuir.by, polina.zorko16@gmail.com, kulevich.01@gmail.com,*

Abstract. The article provides a description of architectural and technological solutions for the joint use of graph databases, knowledge graphs and machine learning (ML) methods for building a prototype of the data mining component of Internet sources. The decisions made on creating a platform for solving problems using the joint use of graph databases and ML are given, and the results obtained are demonstrated.

Keywords: Internet sources, Big Data, analysis, graph database, knowledge graph, Neo4j, Embedding

УДК 004.056.5

КИБЕРБЕЗОПАСНОСТЬ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В МЕДИЦИНЕ



А.А. Беляк
инженер ЦИИР БГУИР



С.Н. Нестеренков
кандидат технических наук,
доцент, декан факультета
компьютерных систем и сетей

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

E-mail: alexbeljak99@gmail.com, s.nesterenkov@bsuir.by

А.А. Беляк

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники по специальности «Программируемые мобильные системы» факультета компьютерного проектирования. Работает в отделе информационных технологий ЦИИР БГУИР в качестве инженера.

С.Н. Нестеренков

Кандидат технических наук, декан факультета компьютерных систем и сетей Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доцент кафедры Программного обеспечения информационных технологий. Автор публикаций на тему машинного обучения, алгоритмов принятия решений, искусственных нейронных сетей и автоматизации.

Аннотация. В данной статье рассмотрены современные проблемы кибербезопасности и конфиденциальности больших данных применительно к сфере здравоохранения. Была произведена оценка, как проблемы безопасности и конфиденциальности возникают в случае больших данных в здравоохранении, и были описаны пути их решения. Основной акцент делался на недавно предложенных методах, основанных на анонимизации и шифровании, сравнения их преимуществ и недостатков, а также рассмотрение направлений будущих исследований.

Ключевые слова: кибербезопасность, жизненный цикл больших данных, большие данные в медицине.

Введение.

Большие данные в значительной степени изменили способы управления, анализа и использования данных в любой отрасли. Одной из наиболее перспективных областей, где большие данные могут быть применены – это здравоохранение. Большие данные в здравоохранении обладают значительным потенциалом для улучшения результатов лечения пациентов, прогнозирования вспышек эпидемий, получения ценных сведений, раннего выявления излечимых заболеваний, снижения стоимости оказания медицинской помощи и улучшения качества жизни в целом. Однако принятие решения о допустимом использовании данных при сохранении кибербезопасности и права пациента на конфиденциальность является сложной задачей. Большие данные, независимо от того, насколько они полезны для развития медицинской науки и жизненно важны для успеха всех организаций здравоохранения, могут быть использованы только при условии решения вопросов кибербезопасности и конфиденциальности. Чтобы обеспечить безопасную и надежную среду больших данных, важно определить ограничения существующих решений и наметить направления будущих исследований.

Безопасность больших данных в медицине.

Ввиду того, что организации здравоохранения хранят, обрабатывают и передают огромные объемы данных для обеспечения качественного и надлежащего медицинского обслуживания, недостатками являются отсутствие технической поддержки и минимальная безопасность. Ситуация осложняется тем, что отрасль здравоохранения остается одной из самых восприимчивых к утечкам данных [1]. В частности, злоумышленники могут использовать методы и процедуры интеллектуального анализа данных, чтобы узнать конфиденциальные данные и обнародовать их, в результате чего происходит утечка данных [1, 2]. В то время как внедрение мер безопасности остается сложным процессом, способы обхода средств контроля безопасности постоянно совершенствуются, что в значительной мере повышает требования к средствам обеспечения безопасности с каждым днём.

Жизненный цикл кибербезопасности больших данных.

CCW (The Chronic Conditions Data Warehouse) следует формальной модели жизненного цикла информационной безопасности, состоящей из четырех основных этапов, которые служат для выявления, оценки, защиты и мониторинга угроз безопасности данных пациентов. Эта модель жизненного цикла постоянно совершенствуется с акцентом на постоянное внимание и непрерывный мониторинг [2, 3].

В данной работе предлагается модель, которая основывается на этапах формальной модели, представленной выше с незначительными улучшениями, чтобы обеспечить политику и механизмы, которые обеспечивают устранение угроз и атак на каждом этапе жизненного цикла больших данных. На рисунке 1 представлены основные элементы жизненного цикла больших данных в здравоохранении.

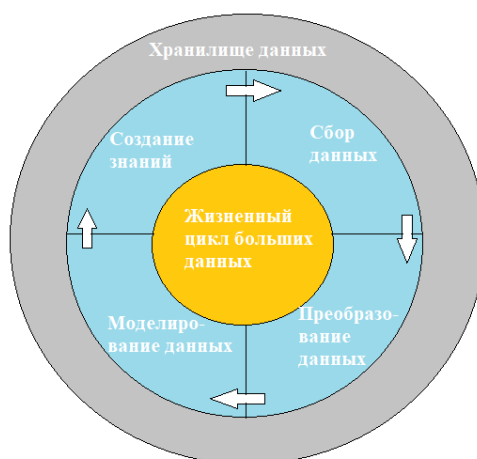


Рисунок 1. Элементы жизненного цикла больших данных в здравоохранении

Анализируя рисунок 1, можно выделить следующие элементы жизненного цикла:

1. Этап сбора данных. Он включает в себя сбор данных из различных источников в различных форматах. С точки зрения безопасности, технологии обеспечения безопасности больших данных медицины является очень важным требованием данного этапа. Поэтому важно собирать данные из доверенных источников, сохранять конфиденциальность пациентов (в базе данных не должно быть попыток идентифицировать отдельных пациентов) и обеспечить безопасность и защиту этого этапа [6]. Действительно, для обеспечения защиты всех данных и информационных систем от несанкционированного доступа, раскрытия, модификации, дублирования, перенаправления, уничтожения, потери, неправильного использования или кражи необходимо использовать некоторые проверенные меры безопасности.

2. Этап преобразования данных. Данный этап предполагает фильтрацию и

классификацию данных на основе их структуры и выполнение необходимых преобразований для проведения значимого анализа. В более широком смысле, фильтрация, классификация и преобразование данных необходимы для повышения качества данных перед этапом анализа или моделирования и удаления или соответствующей обработки неточностей, пропущенных значений, дубликатов данных и так далее. С другой стороны, собранные данные могут содержать конфиденциальную информацию, что делает чрезвычайно важным принятие достаточных мер предосторожности при преобразовании и хранении данных [4, 5]. Для того чтобы гарантировать безопасность собранных данных, они должны оставаться изолированными и защищенными путем обеспечения безопасности на уровне доступа и контроля доступа (использование обширного списка каталогов и баз данных в качестве центрального хранилища учетных данных пользователей, шаблонов входа в приложения, политик паролей и настроек клиента).

3. Этап моделирования данных. На этом этапе могут применяться контролируемые методы интеллектуального анализа данных, такие как кластеризация, классификация и ассоциация. Кроме того, существует несколько методов обучения, которые повышают точность и надежность конечной модели. С другой стороны, очень важно обеспечить безопасную среду обработки данных. Фактически, на этом этапе основное внимание специалистов по сбору данных сосредоточено на использовании мощных алгоритмов сбора данных, которые могут извлечь конфиденциальные данные. Поэтому процесс сбора данных и сетевые компоненты в целом должны быть настроены и защищены от атак на основе сбора данных и любых нарушений безопасности, которые могут произойти, а также убедиться, что только уполномоченный персонал работает на этом этапе.

4. Этап создания знаний. На этапе моделирования появляется новая информация и ценные знания, которые могут быть использованы лицами, принимающими решения. Эти созданные знания считаются конфиденциальными данными, особенно в конкурентной среде. Действительно, медицинские организации знают, что их конфиденциальные данные (например, личные данные пациентов) не должны быть обнародованы. Соответственно, соблюдение требований безопасности и проверка являются основной задачей на этом этапе.

Технологии, используемые для обеспечения кибербезопасности больших данных.

Наиболее широко используемыми технологиями являются:

1. Аутентификация. Она выполняет жизненно важные функции в любой организации: обеспечение доступа к корпоративным сетям, защита личности пользователей и гарантия того, что пользователь действительно тот, за кого он себя выдает.

2. Шифрование. Шифрование данных является эффективным средством предотвращения несанкционированного доступа к конфиденциальным данным. Оно полезно для предотвращения таких нарушений, как перехват пакетов и кража устройств хранения данных [7].

3. Маскирование данных. Оно заменяет чувствительные элементы данных на неидентифицируемое значение. Используется стратегия деидентификации наборов данных или маскировки персональных идентификаторов, таких как имя, номер социального страхования. Таким образом, маскирование данных является одним из наиболее популярных подходов к анонимизации данных в реальном времени. k-анонимность, впервые предложенная Свани и Самрати, защищает от раскрытия личности, но не может защитить от раскрытия атрибутов. Другие методы анонимизации относятся к классам добавления шума в данные, замены ячеек в столбцах и замены групп из k записей k копиями одного представителя [8].

4. Контроль доступа. После аутентификации пользователи могут войти в информационную систему, но их доступ по-прежнему будет регулироваться политикой управления доступом, которая обычно основана на привилегиях и правах каждого работника, пациента или доверенной третьей стороны.

5. Мониторинг и аудит.

Заключение.

Таким образом, были описаны основные этапы и технологии, используемые для обеспечения кибербезопасности больших данных в медицине, а также рассмотрены их ограничения. Кроме того, существует больше различных методов, таких как шифрование на основе атрибутов, контроль доступа, гомоморфное шифрование, шифрование пути хранения и так далее. Однако проблема всегда остается актуальной.

Список использованных источников

- [1] David Houlding. Health Information at Risk: Successful Strategies for Healthcare Security and Privacy. – white paper. 2011. – 250 p.
- [2] James W. Transforming healthcare through big data, strategies for leveraging big data in the healthcare industry. – Institute for Health. 2013. – 322 p.
- [3] Tom W. Hadoop: The Definitive Guide: Storage and Analysis at Internet Scale 4th Edition. – O'Reilly Media, 2015. - 756 p.
- [4] Нестеренков, С.Н. Применение больших данных в электронном образовании / С.Н. Нестеренков, М.И. Макаров, Н.В. Ющенко, А.Д. Радкевич // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня : сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф. (Республика Беларусь, Минск, 13-14 марта 2019 года). В 2 ч. Ч. 2 / редкол. : В. А. Богуш [и др.]. - Минск : БГУИР, 2019. - С. 242-245.
- [5] Калоша, А.Л. Система анализа качества текстовых коллекций / А.Л. Калоша, М.А. Медунецкий, М.П. Хоронко, А.А. Александров, А.И. Гридасов, С.Н. Нестеренков // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня : сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф. (Республика Беларусь, Минск, 20-21 мая 2020 года): в 3 ч. Ч. 2 / редкол. : В. А. Богуш [и др.]. - Минск : Бестпринт, 2020. - С. 369-375.
- [6] Bernard M. Big Data: Using SMART Big Data, Analytics and Metrics To Make Better Decisions and Improve Performance. – Wiley, 2015. - 256 p.
- [7] Кукареко, А.В. Способы машинного обучения для выявления ошибок выполнения упражнений на smart-тренажере / А.В. Кукареко, С.Н. Нестеренков // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня : сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф. (Республика Беларусь, Минск, 20-21 мая 2020 года): в 3 ч. Ч. 2 / редкол. : В. А. Богуш [и др.]. - Минск : Бестпринт, 2020. - С. 214-224.
- [8] Samrati P. Protecting respondents identities in microdata release. – Institute for Health. 2014. – 201 p.

CYBERSECURITY OF BIG DATA IN HEALTHCARE

A.A. BELIAK
Engineer at BSUIR

S.N. NESTERENKOV,
*PhD, Associate Professor, Dean of
the Faculty of Computer Systems
and Networks*

*Belarussian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus
E-mail: alexbeljak99@gmail.com, s.nesterenkov@bsuir.by*

Abstract. This article examined current cybersecurity and privacy issues of big data as they relate to the healthcare industry. How security and privacy issues arise in the case of big data in healthcare has been assessed, and ways to address them have been described. The main focus was on recently proposed methods based on anonymization and encryption, comparing their advantages and disadvantages, and considering directions for future research.

Keywords: Cybersecurity, Big Data lifecycle, Big Data technologies, Big Data in healthcare.

УДК 519.7, 519.17

ПРОГРАММНАЯ СРЕДА ДЛЯ РАБОТЫ С КЛАСТЕРНЫМ КОМПЬЮТЕРОМ ИЗ ОС WINDOWS



Д.И. Черемисинов

*ведущий научный сотрудник ОИПИ НАНБ
кандидат технических наук, доцент*



Л.Д. Черемисинова

*главный научный сотрудник ОИПИ НАНБ
доктор технических наук, профессор*

*Объединений институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси,
Республика Беларусь
E-mail: {cher, cld}@newman.bas-net.by*

Д.И. Черемисинов

Окончил Томский государственный университет, кандидат технических наук, доцент. Работает в ОИПИ НАН Беларуси в должности ведущего научного сотрудника и Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники в должности доцента.

Круг научных интересов: программирование, логическое проектирование и тестирование дискретных систем управления, реализация параллельных алгоритмов управления.

Л.Д. Черемисинова

Окончила Томский государственный университет, доктор технических наук, профессор. Работает в ОИПИ НАН Беларуси в должности главного научного сотрудника и Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники в должности профессора. Круг научных интересов: дискретная математика, логическое проектирование и тестирование дискретных систем управления, реализация параллельных алгоритмов управления.

Аннотация. Рассматривается проблема разработки и выполнения программ для мультипроцессорных систем кластерного типа. При разработке программ для кластерного компьютера применяется технология, основанная на использовании удаленного терминала. Рассматривается ситуация, когда таким удаленным терминалом является компьютер с операционной системой Windows. Предлагается набор инструментальных средств, позволяющий выполнять задачи редактирования текста, компиляции программы и запуска программы на кластере. Достоинством предлагаемого способа подготовки программы к выполнению является то, что она позволяет программисту, имеющему опыт работы с инструментами для Windows, использовать эти знания при разработке программ для кластерного компьютера, работающего в среде UNIX.

Ключевые слова: параллельные вычисления, кластерный компьютер, технология программирования.

Введение.

Подавляющее большинство задач, возникающих в таких областях как автоматизация проектирования СБИС, создание систем искусственного интеллекта, распознавания изображений, разработка сетей связи и криптография, относятся к классу комбинаторно-логических. Под комбинаторно-логическими задачами подразумеваются перечислительные и поисковые задачи на конечных множествах, элементами которых служат объекты, представляющие собой комбинации элементов других конечных множеств, разбиения, покрытия, решения систем логических уравнений и т.п. Все эти задачи конечны, т.е. для них существует тривиальный алгоритм перебора по дереву возможных решений, однако число перебираемых при этом вариантов растёт экспоненциально с увеличением размерности параметров решаемых задач.

Трудоемкость порождаемых практикой задач постоянно растет, причем не только «количественно» (за счет увеличения размерности параметров), но и «качественно» (за счет увеличения логической и алгоритмической сложности). На практике приходится решать комбинаторно-логические задачи больших размерностей, и возможности решения этих задач для практических параметров сложности находятся на грани возможностей современной вычислительной техники. Становится проблематично решать такие задачи за приемлемое на практике время даже с использованием самых быстродействующих персональных компьютеров.

Параллельная обработка данных при автоматизированном проектировании СБИС получает признание как средство повышения вычислительных возможностей новых инструментов автоматизированного проектирования [1]. Доминирующей архитектурой суперкомпьютерных систем, обеспечивающих параллелизм вычислений, являются кластерные компьютеры, относящиеся к классу МКМД – множественный поток команд – множественный поток данных (MIMD – multiple instruction, multiple data) по классификации Флинна [2]. Кластеры составляют подкласс МКМД – системы с индивидуальной памятью. Архитектура кластерных систем доминирует в рейтинге наиболее производительных ЭВМ. Важнейшим достоинством кластеров является их относительная дешевизна (на единицу пиковой производительности).

В докладе описывается технология разработки программ для кластера, используя инструменты для операционной системы Windows, а также конфигурация программных средств, обеспечивающих подготовку к выполнению и запуску программ на кластере, головная машина которого представляет собой UNIX сервер [3], с помощью удаленного компьютера с Windows. Использование этой технологии позволяет программисту, имеющему навыки работы с инструментами для Windows, использовать эти знания при разработке программ для кластера, работающих под системой Linux [4].

Кластерные компьютеры.

В Объединенном институте проблем информатики Национальной академии наук Беларуси были созданы и используются суперкомпьютеры семейства СКИФ [5], которые имеют архитектуру Beowulf [6] и используют операционную систему Linux.

Для кластеров типа Beowulf, характерна архитектура из автономных вычислительных узлов, объединенных компьютерной сетью и предназначенных для решения одной задачи, как правило, большой вычислительной сложности. На абсолютном большинстве кластеров в качестве операционной системы используется операционная система Linux. Головной (управляющий) узел (front-end node) управляет всем кластером и является файл-сервером для вычислительных узлов. Он также является консолью кластера и шлюзом во внешнюю сеть.

В настоящее время параллельные кластеры типа Beowulf для многих применений далеко превзошли возможности классических суперкомпьютеров, и усовершенствования возможности передачи данных по сети сделали возможными параллельные вычисления, основанные на использовании гетерогенных кластеров и технологии «грид». Такие понятия, как мобильность, предсказуемость, правильность поведения существенно связаны с методологиями разработки программного обеспечения и играют теперь столь же важную роль в параллельном программировании, как ускорение работы программы. Однако все упомянутые качества приобретают значение при условии эффективности параллельного программного обеспечения.

Проблемы разработки параллельных алгоритмов решения давно и интенсивно исследуются. Для разработки конкурентоспособных параллельных программ требуется разработка новых параллельных алгоритмов. Цикл разработки программного обеспечения для параллельных алгоритмов значительно более длинен, чем для последовательных алгоритмов. Это имеет два важных следствия. Прежде всего, программы для параллельных

вычислений являются значительно более дорогостоящими, чем их последовательные аналоги. Этот недостаток усиливается нехваткой мобильности программ для параллельных машин различной архитектуры. Второе следствие более фундаментально и связано с характеристиками самих алгоритмов. Учитывая быстрый темп развития и усовершенствования последовательных алгоритмов для решения задач автоматизированного проектирования, последовательные программы часто выигрывают у параллельных программ из-за трудности разработки последних. Параллельные алгоритмы разрабатываются на основе совершенно иных моделей решения задачи, чем для случая последовательных алгоритмов [7]. Для некоторых задач модель решения изначально параллельна, однако для подавляющего числа других задач такую модель чрезвычайно трудно найти.

Сложно создавать и отлаживать даже последовательные программы для решения комбинаторных задач больших размерностей, а параллелизм вносит свой еще более высокий уровень сложности. В самых простых с виду параллельных программах обнаруживаются иной раз фатальные ошибки. Ограниченность круга разработчиков параллельных алгоритмов можно объяснить также и отсутствием развитой методологии предотвращения или обнаружения ошибок в параллельных программах. Даже отладка параллельных программ требует методов и инструментов, значительно отличающихся от последовательного случая.

Параллельные алгоритмы.

Формализация понятия обычного или *последовательного* алгоритма связана с определением формальной системы, состоящей из формального языка и абстрактной машины, интерпретирующей программы этого языка. Был предложен целый ряд таких машин (машина Тьюринга, машина Поста, нормальные алгоритмы Маркова, рекурсивные функции и др.). Все они являются представителями (потенциально бесконечного) класса «универсальных вычислительных машин».

Различные универсальные вычислительные машины отличаются эффективностью реализации алгоритмов. Более высока эффективность таких вычислительных машин, которые состоят из нескольких процессоров, так как они могут выполнять несколько шагов вычисления одновременно. Программы для этих машин задаются параллельными алгоритмами. Эти алгоритмы с функциональной точки зрения ничем не отличаются от последовательных алгоритмов, и задачу разработки параллельной программы можно рассматривать как задачу повышения эффективности выполнения последовательного алгоритма путем распараллеливания. Проблема распараллеливания ставится как задача оптимизации, то есть как задача выбора наилучшего по эффективности параллельного представления последовательного алгоритма.

Абстрактный механизм для формализации параллельных алгоритмов является расширением абстрактных машин последовательных алгоритмов механизмом взаимодействия параллельных ветвей. Однако в параллельных вычислениях отсутствует универсальная абстрактная параллельная машина. Отсутствие такой машины делает невозможным решение задачи распараллеливания, независимое от архитектуры параллельной системы.

В программах обработки данных основным источником массового параллелизма являются программные циклы. Распараллеливанию таких программ посвящено большое количество работ, результаты которых нашли применение в распараллеливающих компиляторах. Для этих программ характерна возможность статического распределения и таких ресурсов, как процессоры. Для того чтобы этот метод работал, длины циклов должны быть известны на стадии компиляции, т.е. должны являться константами. Программы для решения логико-комбинаторных задач не могут быть распараллелены таким методом потому, что структура и длина циклов в этих программах изменяется в ходе вычислений.

Разработка параллельных программ для кластера.

Для эффективного использования ресурсов кластера необходимо обеспечить равномерную загрузку процессоров, используемых параллельной программой, это в свою очередь означает, что все ветви параллельной программы должны выполнить примерно одинаковый объем вычислительной работы. Основной моделью параллельного программирования на кластере является «модель передачи сообщений», которая обеспечивается интерфейсом Message Passing Interface (MPI) [8]. Процедурный язык программирования и библиотеки стандарта MPI являются средствами «низкого уровня» применительно к задаче параллельного программирования, подобно тому, как язык ассемблера – низкоуровневое средство применительно к задаче кодирования последовательных вычислительных алгоритмов.

Программный интерфейс MPI представляет собой описание точного формата вызовов подпрограмм и смысла этих подпрограмм, составляющих библиотеку функций для использования при программировании на языках C или ФОРТРАН. Стандарт исключает какое-либо скрытое (не включенное в предоставленный программисту интерфейс) взаимодействие ветви параллельного процесса со средой MPI. Это позволяет эффективно переносить программы с одной реализации MPI на другую. Базовой реализацией MPI является библиотека MPICH (Message Passing Interface CHameleon). При этом широко распространены коммерческие продукты, ориентированные на аппаратные особенности архитектуры кластера.

Исполнимый код MPI программы перед ее исполнением копируется в память каждого из процессов группы узлов кластера. Все участки MPI-программы делятся на два типа: общие, исполняемые всеми процессорами, и выделенные, исполняемые только определенным процессом или группой процессов. Все узлы кластера включаются в работу одновременно и работают параллельно. При этом каждый из процессов должен «распознавать» и выполнять только свои и общие участки общей программы, обмениваясь сообщениями с другими процессами при необходимости.

Технология разработки программы для кластера.

В операционной системе Linux для кластера имеется среда для разработки программ на C++, которая предоставляет программисту удобства, похожие на возможности среды MSVC в Windows, однако работа в этой среде значительно отличается от работы в среде MSVC. Компилятор C++ на кластере управляется средствами командной строки. Такой компилятор есть во всех системах UNIX. Но между разными машинами, даже имеющими один и тот же тип UNIX, не существует совместимости программ на уровне двоичных кодов. Для машин с системой Linux существует совместимость программ на уровне двоичных кодов при одинаковой версии ядра операционной системы. Таким образом, установка любой программы (за исключением программ, которые выполняются интерпретаторами) в UNIX обычно требует компиляции ее исходного кода.

Более привлекательна стратегия разработки программы на основе концепции переносимого кода, которая обеспечивает независимость разрабатываемой программы от среды разработки. Для тех, кто разрабатывал программы для Windows на C++ и хотел бы пользоваться привычными технологиями и инструментами при разработке программы для кластера, довольно удобна предлагаемой стратегии, которая позволяет в какой-то мере использовать среду MSVC для разработки параллельной программы: в среде MSVC разрабатывается последовательный прототип параллельной программы с учетом требования переносимости кода. Переносимость кода означает использование консольной программы в MSVC. Разработанный программный код преобразуется в параллельную программу, которая может быть выполнена на кластере. Для этого текст программы должен быть откомпилирован в среде Linux.

Такую технологию разработки параллельной программы можно реализовать, если использовать компьютер, работающий под Windows, как удаленный терминал кластерного

компьютера с помощью свободно доступной консольной программы PuTTY. Один из существенных недостатков такого метода доступа к кластеру с компьютера состоит в том, что в этом случае приходится ограничиваться теми ресурсами Linux, которые доступны через консоль. Поэтому через удаленный терминал программы PuTTY в принципе нельзя использовать программы Linux с графическим интерфейсом. С другой стороны, использование такой среды для разработки программ под Linux позволяет вникать в как можно меньшее число технических деталей, связанных с управлением операционной системой Linux при редактировании, компиляции и запуске программы на выполнение, а сосредоточиться на разработке самого параллельного алгоритма решения задачи.

Компиляция программы.

Задание на компиляцию программы с использованием компилятора C++ Linux представляет собой управляющий файл для программы *make*. Таким образом, для компиляции программы кроме ее текстов на C++ нужно иметь файл задания для *make*. Среда MSVC позволяет экспортировать файл проекта в формате *make*, однако файл, экспортированный из MSVC для управления компиляцией на Linux, требует такой ручной переделки, что проще его написать заново с нуля.

Можно компилировать программу и без задания для *make*, вызывая компилятор C++ непосредственно из командной строки, но в этом случае текст программы должен быть представлен в виде одного файла, а все остальные части текста должны подключаться явно с помощью директив *#include*. Использование *make* позволяет ускорить компиляцию программы, которая состоит из нескольких файлов, и выполнять перекомпиляцию только измененных файлов с исходным текстом.

Формат файла для *make* довольно сложен, и при построении задания нужно указать все файлы, которые потребуются при компиляции программы, и их связи; нужно предусмотреть управление каждым из используемых инструментов (например, редактором связей кроме компилятора). Однако существуют программы, позволяющие сгенерировать управляющий файл автоматически, например, свободно доступная программа *genmake* (<http://www.robertnz.net/genmake.htm>).

Проект, для которого генерируется управляющий файл для *make*, должен быть доработан: 1) в каждый *.h* файл проекта нужно включаются в формате комментария специальные директивы, в которых указываются имена *.cpp* файлов, содержащих определения объектов, декларированных в соответствующем *.h* файле, 2) для *genmake* указывается название *.cpp* файла, который содержит функцию *main* программы и который просматривается программой *genmake* для нахождения директив *#include* для включения *.h* файлов и поиска *.cpp* файлов, содержащих определения объектов, декларированных в соответствующем *.h* файле. Таким образом, разыскиваются все требуемые файлы и формируются зависимости между ними. К сожалению, сгенерированный *genmake* файл все-таки требует небольшой ручной доработки.

Еще одной проблемой является использование русского языка: существует несколько кодировок для русского языка – Windows 1251, KOI-8r, ISO 8859-5 и др. По умолчанию кодовой страницей русского языка для Linux является KOI-8r, а для Windows – это Windows 1251. Различие в стандартах кодировки ведет к тому, что тексты программ, подготовленные для компиляции в Windows, будут неправильно выглядеть при просмотре на Linux. Но проблема не только в просмотре текста программы, через консоль очень трудно выполнить переключение раскладки клавиатуры на русский язык при редактировании. По этой причине редактирование текстов программ удобнее выполнять на удаленном компьютере пользователя с Windows. Подходящим редактором является среда MSVC. Но для правильной работы с русским языком с учетом перехода в среду Linux редактор должен обеспечивать возможность преобразования кодировки Windows 1251 в KOI-8r и наоборот. Для этих целей удобен текстовый редактор *Aditor*, который поддерживает почти все кодировки русского алфавита (KOI, Win, DOS, ISO, Mac). В этом редакторе можно

просматривать и редактировать файлы в любой из этих кодировок (и при открытии файла его кодировка определяется автоматически), можно также переводить файлы из одной кодировки в другую. Кроме того, в этом редакторе подсвечивается цветом синтаксис C++.

Технология работы с кластерным компьютером.

Компьютер с ОС Windows должен быть подключен к той же сети, что и головная машина кластера. Для интерактивной работы с кластером и обмена файлами требуется использовать протокол SSH с шифрованием информации (Secure SHell) [9].

Для работы с кластерным компьютером создается три одновременно запущенные в ОС Windows процесса: редактора *Aditor*, программы транспортировки файлов *SecureFX* и программа *PuTTY* удаленного терминала для управления кластером, в которой на кластере запускается файловый менеджер *Midnight Commander*. Этот файловый менеджер входит в комплект поставки Linux и имеет текстовый интерфейс типа Norton Commander, разработанный для операционных систем типа Unix. Программа *SecureFX* обеспечивает зашифрованную передачу файлов с возможностями настройки конфигурации и протоколов передачи, которая включает в себя утилиту для передачи файлов по протоколу SSH из командной строки.

Основой организации работы с программой для кластера является каталог на компьютере с ОС Windows с текстами программы. Эти тексты отличаются от текстов исходного прототипа для Windows не только параллельностью, но также тем, что перекодированы в KOI-8r (с помощью программы *Aditor*) и в *.h* файлы включены директивы *genmake*. Создание и заполнение такого каталога является первым этапом разработки программы для кластерного компьютера. Затем с помощью программы *genmake* строится и подправляется *make*-файл. Далее полученный каталог с данными дублируется в каталог на головной машине кластера. Для этого данные из каталога на машине с ОС Windows транспортируются в каталог на головной машине кластере (с помощью программы транспортировки файлов *SecureFX*). На этом подготовительная работа для компиляции и запуска программы заканчивается.

Каталог на кластере служит зеркалом каталога на компьютере разработчика. Файлы, с которыми идет работа, удобно держать открытыми в программе *Aditor*. Для компиляции и выполнения программы нужно запустить программу *PuTTY* и в ней запустить файловый менеджер *Midnight Commander*, набирая *mc*. Если при компиляции возникли ошибки, то номера строк программы и диагностику ошибок можно посмотреть под панелями *Midnight Commander*. Используя открытые в редакторе *Aditor* файлы и эти номера, можно найти соответствующие строки кода программы и устранить ошибки. После редактирования кода нужно сохранить исправления (не закрывая *Aditor*) и с помощью *SecureFX* транспортировать исправленные файлы в каталог на кластере. После обновления каталога на кластере нужно повторить компиляцию.

Если компиляция прошла успешно, двоичный файл программы появляется на панели *Midnight Commander* отмеченным звездочкой, и его можно выполнить. Запуск программы на выполнение выполняется теми же способами, что и в «Нортоне» [10]: нужно в поле командной строки программы *mc* набрать ее имя, нужные параметры и нажать ввод. Следует учитывать, что исполняемые файлы программ в двоичном виде в Linux не имеют расширения. Пока так запущенная программа работает, пользователь ничего делать не может, должен ждать ее завершения. Кроме обычного режима запуска существует еще режим фонового запуска, который позволяет освободить консоль для выполнения других работ. Что запустить программу в фоновом режиме, надо после имени файла поставить символ «&». После завершения программы результаты работы можно посмотреть под панелями *Midnight Commander*.

Заключение.

Предлагаемая конфигурация программных средств для подготовки и выполнения параллельных программ для кластера не является единственной из возможных. Однако использование предлагаемой среды позволяет программисту, имеющему навыки работы с инструментами для Windows, использовать эти знания при разработке программ для кластера. Это, конечно, дается ценой отказа от использования некоторых средств, предоставляемых рабочей системой на основе Linux. Основным недостатком предлагаемого подхода состоит в невозможности использования инструментов разработки программ Linux с графическим интерфейсом. Рекомендации для пользователей кластера, работающих на рабочих компьютерах с Linux, приведены в [4].

Выполнено практическое применение предлагаемой конфигурации для разработки нескольких параллельных программ [11], последовательные прототипы которых были построены в среде MSVC, позволило добиться того, что перенос последовательного алгоритма в Linux не требовал умения работать в Linux, и основные трудозатраты состояли в разработке и отладке параллельного алгоритма, а не в овладении комплексом инструментальных средств.

Список использованных источников

- [1]. Banerjee, P. Parallel Algorithms For VLSI Computer-Aided Design / P. Banerjee. – Prentice Hall, Englewoods Cliffs, NJ, 1994.
- [2]. Flynn, M. J. Some computer organizations and their effectiveness / M.J. Flynn // IEEE Transactions on Computers. – 1972. – 21 (9). – P. 948–960.
- [3]. Робачевский, А. М., Операционная система UNIX / А.М. Робачевский, С.А. Немнюгин, О.Л. Стесик. – СПб.: БХВ-Петербург, 2-е изд., 2010. – 656 с.
- [4]. Галактионов, В.В. Руководство для пользователей LINUX кластера ЛИТ ОИЯИ / В.В. Галактионов, Т.М. Голоскокова, Н.И. Громова, и др. – Дубна, 2004.
- [5]. Абрамов, С.М. Принципы построения суперкомпьютеров семейства «СКИФ» и их реализация / С.М. Абрамов, Н.Н. Парамонов, В.В. Анищенко, С.В. Абламейко // Информатика. – 2004. – № 1. – С. 89–106.
- [6]. Sterling, T. Beowulf: A Parallel Workstation for Scientific Computation / T. Sterling, D. Becker, D. Savarese, et al. // Proc. of Intern. Conf. on Parallel Processing. – Osonomowoc, 1995. – P. 11–14.
- [7]. Черемисинов, Д.И. Анализ и преобразование структурных описаний СБИС / Д.И. Черемисинов. – Минск: Беларус. навука, 2006. – 275 с.
- [8]. Message Passing Interface Forum. MPI: A Message-Passing Interface standard, version 1.1. // [Электронный ресурс], Available at: <http://www.mpi-forum.org/docs> (date of access: 10.03.2022).
- [9]. Сервер OpenSSH // [Электронный ресурс], Available at: https://help.ubuntu.ru/wiki/руководство_по_ubuntu_server/удаленное_администрирование/openssh_server. – Date of access: 10.03.2022.
- [10]. Фигурнов, В.Э. IBM PC для пользователя. От начинающего до опытного / В.Э. Фигурнов. – М.: ИНФРА-М, 2002. – 640 с.
- [11]. Черемисинов, Д.И. Использование параллельных вычислений при автоматизированном проектировании СБИС / Д.И. Черемисинов, Л.Д. Черемисинова // Проблемы разработки перспективных микро- и нанозлектронных систем. Сборник трудов / под общ. ред. академика РАН А.Л. Стемпковского, М.: ИПМ РАН, 2016. Часть I. – С. 32-39.

SOFTWARE ENVIRONMENT FOR WORKING WITH A CLUSTER COMPUTER FROM OC WINDOWS

D.I. CHEREMISINOV

*Leading researcher of UIIP of NAS of Belarus,
candidate of technical sciences, associate
professor*

L.D. CHEREMISINOVA

*Principal researcher of UIIP of NAS of Belarus,
doctor of technical sciences, professor*

*United Institute of Informatics Problems of National Academy of Sciences of Belarus,
Republic of Belarus
E-mail: {cher, cld}@newman.bas-net.by*

Abstract. The problem of developing and execution of programs for multiprocessor cluster-type systems is considered. When developing programs for a cluster computer, a technology based on the use of a remote terminal is used. We consider the situation when such a remote terminal is a computer with the Windows operating system. A set of program tools is proposed that allows you to perform the tasks of editing text, compiling a program, and running the program on a cluster. The advantage of the proposed method of preparing a program for execution is that it allows a programmer with experience in working with tools for Windows to use this knowledge when developing programs for a cluster computer operating in a UNIX environment.

Keywords: concurrent computing, cluster computer, programming technology.

УДК 338.12.015

АКТУАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ИНТЕРНЕТ-МАРКЕТИНГА ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПРОДВИЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ



А.Г. Проровский
*заведующий кафедрой мировой
экономики, маркетинга, инвестиций*

*Брестский государственный технический университет, Республика Беларусь
E-mail: prorovag@gmail.com*

Аннотация. Поведение потребителей в условиях пандемии коронавируса серьезно изменялось. В работе исследованы эти изменения и предложены инструменты интернет-маркетинга по повышению эффективности маркетинга в постпандемийный период, такие как повышение качества контента, виральность, экспертность, оптимизация сайта, омниканальность, интерактивность, персонализация.

Ключевые слова: интернет-маркетинг, поведение потребителей.

Введение.

Пандемия коронавируса, начавшаяся в конце 2019 года, оказывает значительное влияние на поведение людей и бизнеса. Важным фактором является неизвестность окончания пандемии, прогнозы постоянно изменяются, люди адаптируются к новым условиям и изменяют свое поведение, в том числе в потреблении, навсегда. За небольшой промежуток времени люди, которые привыкли жить в условиях высококонкурентного предложения и постепенно проходить цифровизацию, привыкая к онлайн-торговле, оказались ограничены в движении, выборе и многие прошли через карантин или самоизоляцию. На мировую экономику большее влияние оказывает число людей, которые боятся COVID-19, чем число заболевших. Страх меняет поведение людей/потребителей и тех, кто принимает решение.

Согласно отчету GlobalWebIndex: с начала 2020 года люди стали значительно больше времени проводить на устройствах, имеющих доступ в интернет (Рисунок 1). Сегодня интернет используют 4,95 миллиарда человек по всему миру, что составляет более 60 % от общей численности мирового населения и выросла за год на 4% (Рисунок 2). Число уникальных мобильных пользователей продолжает расти. Количество пользователей мобильных устройств составило 5,31 миллиарда человек. Популярность растет среди устройств с подключением к интернету, что связано с карантинными ограничениями, и они продолжают демонстрировать рост даже при ослаблении ограничений.

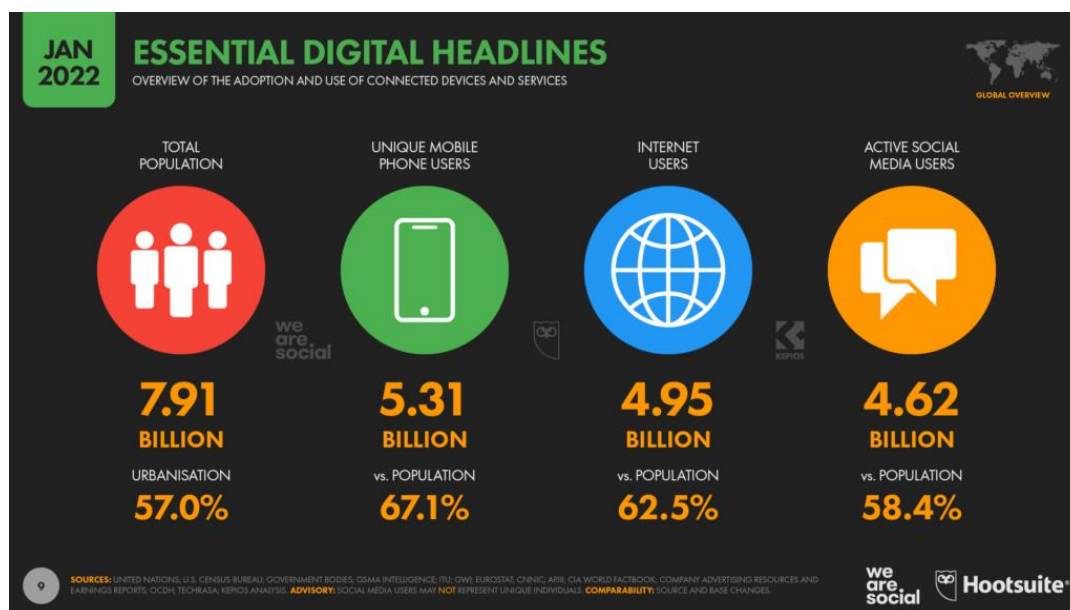


Рисунок 1. Статистика по динамике роста использования девайсов во время пандемии [1]

Последние исследования GlobalWebIndex о влиянии коронавируса на пользователей интернета показывают, что растут все сегменты, но социальные сети опережающими темпами.

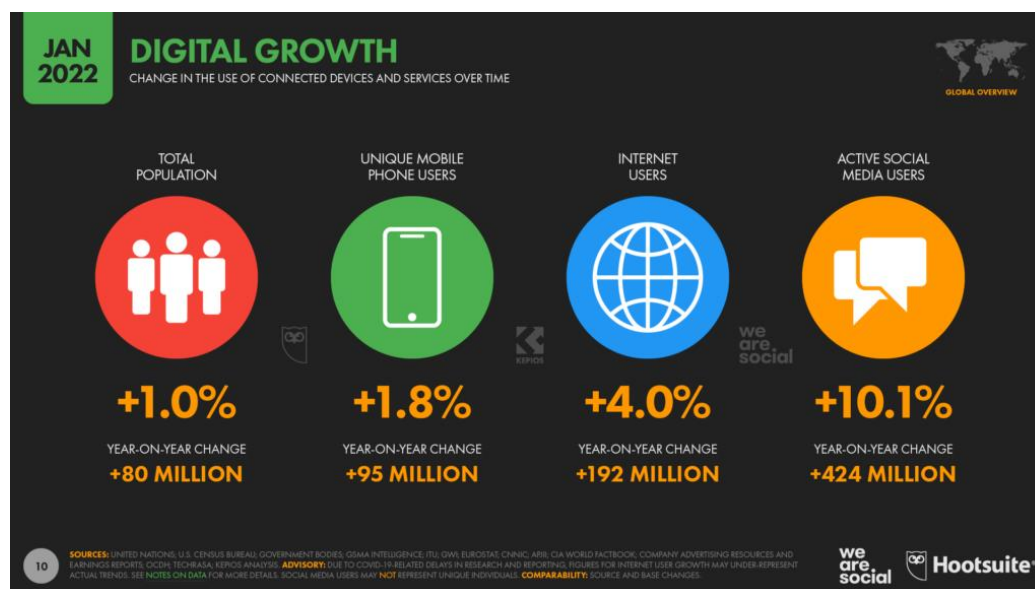


Рисунок 2. Рост интернет-пользователей в период пандемии [1]

Итого, несмотря на множество потенциального вреда, который возможно получить из-за чрезмерного использования девайсов, подключенных к интернету, надо осознавать, что эти же технологии смогут улучшить качество жизни людей.

Рассмотрим, как поменялось поведение потребителей в период пандемии в поисковых системах и медийной рекламе. В поисковых системах люди начинают активно использовать голосовой поиск и поиск по картинкам.

Развитие голосовых технологий — это важная причина изменения поисковых привычек, а рост популярности голосовых команд - уже не новость. Причиной резкого роста

также стала популярность данного вида поиска на быстрорастущих рынках, которые оказывают значительное влияние на общие показатели. Таким образом, в Индии, Китае и Индонезии — это более половины пользователей интернета.

Темпы роста интернет-пользователей снижаются с 10% в 2011-2016 гг до 6% в 2017-2021 гг (Рисунок 3).

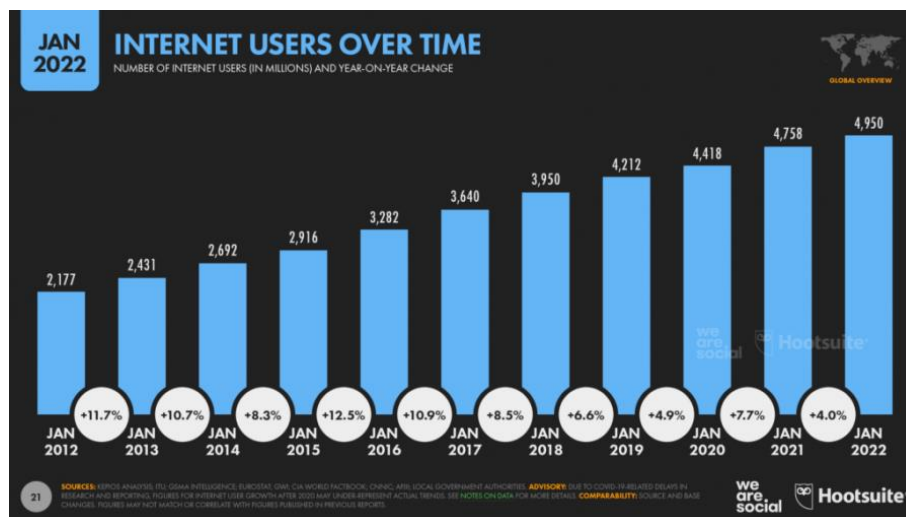


Рисунок 3. Количество интернет-пользователей в мире [1]

Количество пользователей социальными сетями растет опережающими темпами (Рисунок 4). Особенно данная тенденция заметна в молодежном сегменте интернета, за 10 лет количество пользователей социальными сетями увеличилось в три раза.

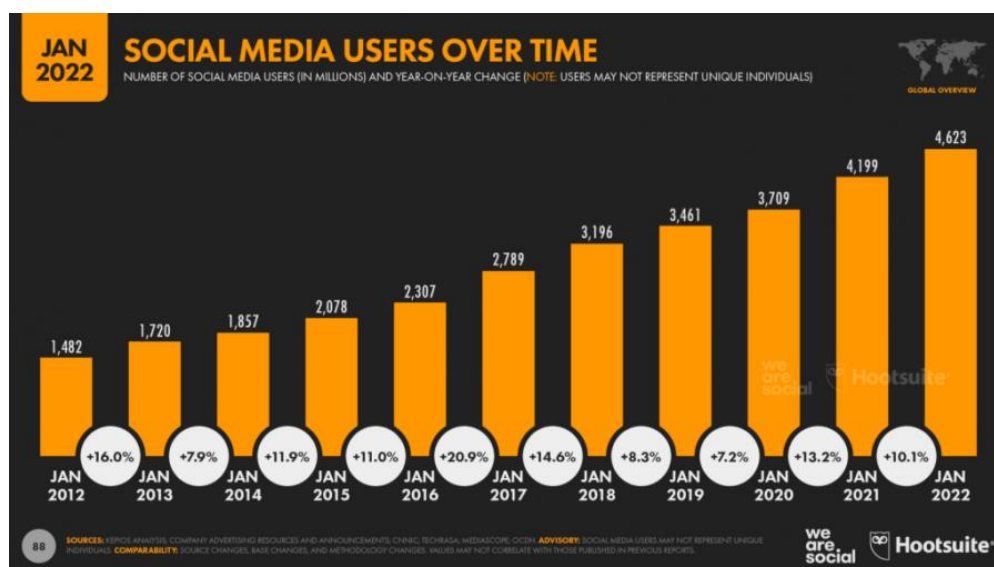


Рисунок 4. Пользователи социальных сетей [1]

Разрыв между поисковыми системами и социальными сетями в последнее время сокращается, что указывает на непрекращающиеся изменения в способе поиска людьми информации о товарах, которые хотят купить. Более того, среди интернет-пользователей от 16 до 24 лет социальные сети сегодня являются основным источником информации о

бренде. Даже поисковые системы отходят на второй план, потому что молодые женщины гораздо охотнее обращаются к соцсетям за информацией.



Рисунок 5. Рейтинг скачанных приложений и игр [1]

По данным рекламных инструментов МЕТА, с помощью таргетированной рекламы в Instagram бренды смогут охватить более 1 миллиарда человек. Рекламный охват Instagram в период пандемии увеличился на 111 миллионов новых пользователей только за прошлый квартал, что свидетельствует о квартальном росте более чем на 10 %. Это значит, что рекламная аудитория Instagram сейчас растет со скоростью более 1 миллиона новых пользователей в день.

Количество зарегистрированных пользователей LinkedIn также преодолело своего рода веху — 700 миллионов пользователей по всему миру.

У TikTok был очень успешный 2020 год - платформа продемонстрировала впечатляющий рост количества пользователей во всем мире. Однако запрет приложения в Индии может негативно сказаться на траектории будущего роста платформы.

Важно отметить, что на пользователей оказывала влияние “инфодемия”, которая представляет собой очень большое количество новостей, информации, мемов и т.п., что приводит к усталости от темы. Выделим 5 основных моментов, что ждет сейчас потребитель от бренда:

- забота о клиентах (меньше информации про пандемию. Уместным считается рассказать про меры профилактики в офлайн-точках, дополнительные услуги, например бесконтактная доставка и т.д.);
- челленджи от блогеров (известные блогеры запускают челлендж с простыми движениями, правилами, который набирает вирусных охват и моментально распространяется по сети, привлекая все больше внимания к первоначальному послыу и самому бренду);
- прямые эфиры (прямые эфиры как канал вещания, где под мобильную версию адаптируются даже ТВ-форматы);
- реклама у лидеров мнений (чем больше времени люди проводят онлайн, тем больше доверия у них возникает к выбранным блогерам и инфлюесерам);
- домашний контент (организация фотоконтента в домашних условиях вместо студии, опыт Zara показывает, что такие методы, как правило, отлично воспринимаются аудиторией).

Универсального рецепта коммуникаций в условиях пандемии - нет. Изменения происходят динамично и могут самым разным способом повлиять на потребителя, поэтому одним из самых важных моментов является постоянный мониторинг трендов, ситуации в мире и стране, а также изучение опыта других брендов.

Последним моментом хотелось бы отметить, что бум электронной коммерции, произошедший в периоды карантина и самоизоляции - это не краткосрочный всплеск, а долгосрочная тенденция с меньшим темпом роста (Рисунок 6). Это связано с тем, что раньше люди испытывали страх и опасения в покупках онлайн, а в связи с пандемией, у многих возникла потребность воспользоваться интернет-магазинами. Этот опыт поможет у части до этого “теплой” аудитории убрать сомнения, что обеспечит рост в денежном эквиваленте количества онлайн-покупок.

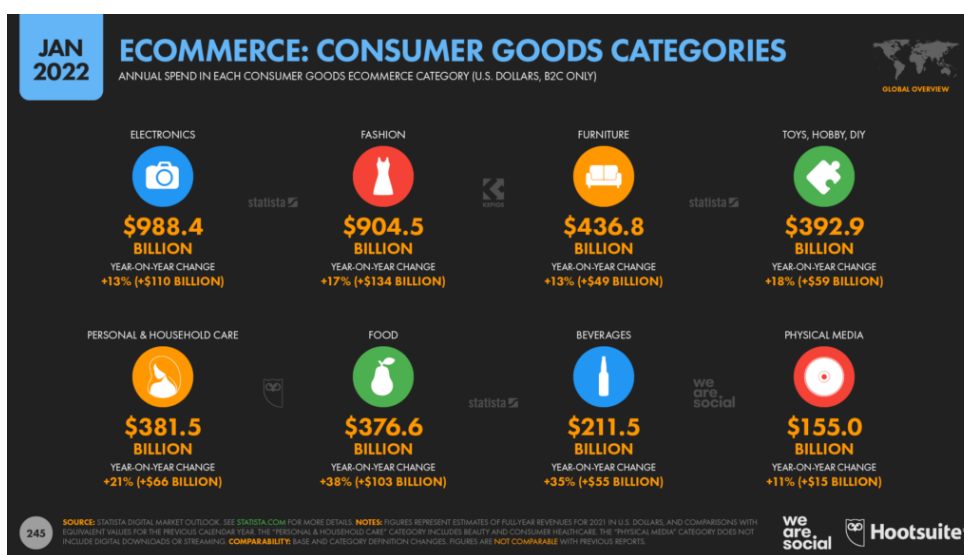


Рисунок 6. Изменения в электронной торговле [1]

Пандемия коронавируса внесла свои изменения в прогнозируемые тренды интернет-маркетинга. Пандемия привела к активной интернетизации и переходу и потребителей, и производителей в онлайн. Многие представители бизнеса вынуждены были в корне поменять свою коммуникационную стратегию и переориентироваться на интернет-маркетинг.

Резкий рост представителей бизнеса в интернете вызвал высокую конкурентную борьбу за внимание потребителей. Информации и рекламы в интернете настолько много, что это вызывает “баннерную слепоту”, когда пользователь не обращает внимание на ваше рекламное объявление и в итоге эффективность его падает. Рассмотрим основные требования, которые необходимо учитывать, при разработке стратегии интернет-маркетинга в 2022 году [2]:

- повышение качества контента (любой формат контента, который вы создаете, должен быть максимально высокого качества, начиная от медиа ресурса (фото, видео, анимация) и заканчивая текстом. Необходимо вызывать интерес с первой секунды и повышать вовлеченность);
- вирусность (пользователи в интернете ищут развлечения, динамику и отдых, поэтому хорошо созданный клип с вашим товаром или челлендж будут иметь большой успех и по критерию вовлеченности, и по количеству распространений, увеличив ваши охваты);
- экспертность (информация, которую вы доносите до потребителя, должна содержать факты, подтвержденные данные, интересную информацию, которую они могли не знать.

Задача принести пользу через контент, решить потенциальную или существующую проблему и тем самым продемонстрировать, что вы - эксперт и вам надо доверять);

- оптимизация сайта (во-первых, под мобильную версию, ведь по статистике все больше людей предпочитают смартфоны и используют их намного чаще, чем компьютеры. Во-вторых, новый тренд — это голосовой поиск, наличие на вашем сайте функции голосового поиска даст значительную отстройку от конкурентов и преимущество);

- омниканальность (подразумевает организацию неразрывного взаимодействия с клиентом через различные каналы: социальные медиа, веб-сайт, интернет-магазины, мобильные приложения, колл-центр, офлайн-магазины, e-mail рассылку. Таким образом, помогает лучше понять потребителя и с большей вероятностью довести его до конверсии);

- интерактивность (уменьшение социальных контактов у населения вызвало еще больший интерес к интерактивам. Интерактив повышает вовлеченность, побуждает принимать участие при просмотре видео или постов в социальных сетях);

- персонализация (сегодня особенную актуальность составляет персонализированный подход. Многие потребители переживают сложную финансовую ситуацию, страдают от мер вынужденной самоизоляции и огромного количества негатива вокруг, поэтому персонализацию нужно масштабировать, а это значит персонализировать продукты, контент, электронные рассылки, рекламу и многое другое.

Для того чтобы достойно выдерживать конкуренцию на рынке, необходимо постоянно следить за трендами, корректировать стратегию интернет-маркетинга и больше прибегать к ситуативному маркетингу в связи с динамичными изменениями внешних факторов. Рассмотрим наиболее актуальные инструменты интернет-маркетинга, которые уже показали эффективность в этом году.

Вебинары и обучающие ролики.

Онлайн-мероприятия повышают узнаваемость бренда, помогают выстраивать взаимоотношения с потенциальными клиентами, укрепляя уровень доверия. Соответственно, разработка вебинара/обучающего видео это:

- отличная возможность повысить узнаваемость вашего бренда (в связи с значительным увеличением спрос на обучение);

- показать свою экспертность;

- увеличить продажи и лиды.

Из недостатков стоит отметить, что это достаточно сложный и затратный по времени инструмент, который тоже нуждается в продвижении и набору зрителей.

Виртуальные экскурсии.

Вынужденные меры по дистанцированию, самоизоляции и уменьшение мобильности привели к снижению потока людей в оффлайн-магазинах. Преимуществом оффлайн-магазинов для многих пользователей был развлекательный характер (возможность пообщаться с консультантом, процесс покупки, взаимодействие с социумом). Онлайн-шоппинг предоставляет большее количество выбора, но представляет из себя однотипный процесс скроллинга ленты и не несет эмоциональную составляющую.

В связи с этим актуальным инструментом выступают - виртуальные экскурсии. Они вносят недостающую эмоциональную составляющую, приносят развлечение, таким образом повышая вовлеченность. Экскурсии могут проходить по местам продаж (магазины, шоу-румы, салоны и другое), которые ранее посещали потребители, либо по “закулисью” в виде производства, где будет показан процесс изготовления продукта и знакомство с его технологическими особенностями.

Прямые эфиры в социальных сетях.

Прямой эфир (стрим) - потоковая передача информации через интернет в аудио- или видеоформате. К преимуществам прямого эфира относятся:

- оперативность (получение информации «здесь и сейчас», что позволяет быть в числе первых и выглядеть осведомленными в кругу своего общения);

- достоверность (во время прямого эфира аудитория видит происходящее и не может усомниться в правдивости действия. Как следствие к аккаунтам, где часто проводят прямые трансляции, возникает больше доверия и аудитория растёт);
- мгновенная обратная связь (возможность зрителям задавать вопросы и высказывать своё мнение в режиме реального времени вызывает доверие к бренду и спикеру. Это вызывает лояльность и создает впечатление установления коммуникации);
- возможность зафиксировать событие.

Обратная сторона прямого эфира характеризуется необходимостью хорошо подготовленного спикера. Во-первых, непредсказуемость прямого эфира требует от представителя бренда готовности к молниеносной реакции. Тут не нажмёшь не паузу и не возьмёшь время на раздумья. Во-вторых, необходимо постоянно заполнять эфир, чтобы не появлялись пустые места. В-третьих, необходимо быть готовым к провокации со стороны конкурентов и вероятности провокационных вопросов.

Сторителлинг.

Сторителлинг — это маркетинговый прием, использующий медиа-потенциал (социальные сети, видеохостинги) с целью передачи информации и транслирование смыслов посредством рассказывания историй.

Целью сторителлинга является обеспечение эффективной мотивации к требуемому от субъекта действию. Основная задача при реализации сторителлинга заключается в создании понятной взаимосвязи между прошлым, настоящим и будущим, подталкивая зрителя к правильному выводу о настоящем.

В процессе создания сторителлинга необходимо быть краткими, герой должен быть яркий, обязательно наличие истории, влияние на эмоции. Надо не делать очевидных выводов, не навязывать свое мнение и при этом подвести к нужному действию.

AR приложения.

AR — это дополненная реальность, технология, которая сочетает виртуальные и реальные миры, интерактивная в реальном времени. Подразумевается, что использование дополненной реальности улучшает непосредственное окружение пользователя при помощи цифровой информации.

При использовании дополненной реальности (AR), пользователь смотрит на мир не напрямую, а через какой-то определенный «фильтр», который встраивает в настоящий мир виртуальные объекты так, будто они действительно там находятся. В отличие от виртуальной реальности, настоящий мир не уходит из поля зрения, а «дополняется», что и отражается в термине.

В большинстве случаев в качестве «фильтра» для дополненной реальности используется смартфон или планшет. Реже встречается способ AR – на больших экранах: в торговых центрах, на остановках в рамках рекламных кампаний и т.п. Еще более редкий, но известный благодаря футуристичности способ – очки дополненной реальности. Они применяются в основном на производствах, в обычной жизни встретить их почти невозможно на данный момент.

Ведущие бренды, такие как Sephora, Nestlé и Jaguar Land Rover, продемонстрировали особое лидерство в области дополненной реальности. Их эксперименты с использованием AR заключались в предоставлении персональных консультаций, информации о происхождении товаров или дополнительных услуг для их продуктов, что привело к успешным, вдохновляющим кампаниям, выходящим далеко за рамки обычных игр.

Еще одним ярким примером является Ikea, которая смогла полностью интегрировала AR в свое приложение. Пользователь с помощью их приложения может проверить как определенный объект мебели из их магазина может выглядеть в интерьере его дома.

Отличный вариант использования AR — это виртуальная примерочная. Интерес к AR продолжает расти в геометрической прогрессии. Теперь он подпитывается и искусственным интеллектом, который позволяет камерам "понимать" мир и накладывать

на него цифровой контент. В сочетании с оборудованием, становящимся более мощным и легким, ближайшие годы будут ключевыми для развития дополненной реальности.

Реклама в мобильных приложениях.

Как говорилось ранее, мобильный трафик показывает стремительный рост: более половины пользователей заходят в сеть при помощи смартфонов. При этом заходят не в браузер, а в мобильные приложения, в которых также есть интернет-реклама.

Выбор приложений на данный момент очень большой, а объемная память на современных смартфонах позволяет загружать значительное количество на одно устройство. Наиболее популярными приложениями являются: социальные сети, мессенджеры, игры, интернет-магазины известных брендов, приложения, связанные со здоровьем (шагомеры, счетчик калорий, домашние тренировки), новостные приложения, игры и развлекательные приложения.

Большая часть приложений содержит рекламный контент, к которому пользователи уже привыкли и меньше раздражаются от его появления. Рекламный контент, как правило, есть только в бесплатных версиях, при покупке подписки - рекламу не показывают. Плюсом для рекламодателей является отсутствие у пользователей, на данный момент, приобретать платные подписки. В основном пользователи предпочитают бесплатные версии, т.е. они потенциально готовы к появлению рекламы.

Рассмотрим плюсы рекламы в мобильных приложениях:

- пользователи проводят в мобильных приложениях все больше времени (по последним данным, 86% от всего времени, проведенного со смартфоном в руке);
- рынок мобильных приложений неуклонно растет, следовательно спрос на рекламу будет только расти;
- возможность привлечь новую аудиторию (особенно актуально тем, кто уже попробовал другие виды рекламы и хочет получить дополнительную целевую аудиторию);
- гибкие настройки таргетинга (мобильную рекламу можно настраивать с помощью детальных данных: например, показывать только пользователям, находящимся рядом с вашим магазином/офисом, только пользователям iOS или Android, только обладателям определенных марок/моделей телефонов и так далее);
- интернет-магазинам обязательно надо иметь свои мобильные приложения, а если нет - рекламироваться в других, так как по статистике в России 68% пользователей покупают товары и услуги используя приложения;
- в мобильном приложении нельзя использовать блокировщика рекламы, в отличие от сайтов (это значит, что рекламу нельзя будет отключить и она обязательно дойдет до адресата);
- это относительно дешево (стоимость за 1000 показов в соцсетях стоит от 1 доллара).

Реклама в мобильных приложениях имеет несколько видов/форматов, под которые необходимо подстроиться. Рассмотрим далее каждый из них.

Баннер — это самый популярный вид рекламы. Он реализуется по такому же принципу, как и баннеры на сайтах: вверху или внизу страницы, по бокам, бывают горизонтальные и вертикальные. Всего на данный момент возможно заказать 15 форматов и 80 размеров баннерной рекламы. Баннеры можно закрыть или свернуть, поэтому они меньше раздражают пользователей по сравнению с Interstitial рекламой.

Interstitial — это полноэкранный рекламный формат в видеоформате. Существует два варианта размещения: Video Interstitial и Rich Interstitial. Video Interstitial — это реклама, которую пользователь может пропустить или закрыть, нажав на крестик сразу или спустя несколько секунд. Rich Interstitial — это реклама, которую нельзя пропустить - пользователь обязан досмотреть ее до конца, если хочет воспользоваться приложением. Это у многих вызывает раздражение, ограничивая их возможность использовать приложение и заставляя ожидать.

Rewarded Video — это видеореклама в онлайн-играх, просмотр которой приносит пользователю непосредственно пользу в виде награды в игре: оснащение для героев,

игровые бонусы или жизни, подсказки, виртуальную валюту и другие. Поскольку в играх это очень важно, мотивация просмотреть рекламу до конца в разы возрастает. Досмотр у таких роликов около 90%, потому что, не досмотрев рекламу до конца, пользователь не получит приз. Главное в этом формате — диалог с лояльной вовлеченной аудиторией, которая понимает, для чего смотрит рекламу. Из плюсов для рекламодателей еще то, что такой формат позволяет сделать полноэкранную рекламу со 100% видимостью, не вызывая раздражения как Interstitial.

Playable ads — это новый формат, который представляет из себя небольшую игру. Пользователю предлагается сыграть в демоверсию игры, а потом совершить целевое действие. Как правило, показывают простое задание, с которым герой не может справиться и побуждают таким образом пользователя помочь ему и попробовать сделать это действие. После успешной попытки, либо спустя определенное количество секунд появляется кнопка или элемент (чаще завуалированная), при нажатии на которую происходит переход на целевую страницу.

Нативная реклама — это блок, баннер, видео, текст, который маскируется под дизайн и контент самого мобильного приложения. Например, это рекламные записи, которые попадают в ленте социальных сетей. Они выглядят как обычные посты или сторис, но несут рекламный посыл. Такая реклама пользователем может быть и не замечена - точнее, он не осознает, что это именно реклама. Следовательно, отдачи от нее больше, а раздражения - меньше.

Influencer-маркетинг.

Influencer-маркетинг (маркетинг влияния) — это форма маркетинга в социальных сетях, включающая рекомендации и продакт-плейсмент со стороны лидеров мнений. Influencer Marketing - способ продвижения товаров или услуг через инфлюенсеров. Под инфлюенсером понимается человек, бренд или группа лиц, которые способны повлиять на поведение и решения своей аудитории. Главный принцип данного вида маркетинга — нативная и ненавязчивая коммуникация через рекомендации.

Основными преимуществами маркетинга влияния считаются: выход на целевую аудиторию, которая чаще всего шире рекламного охвата, селебрити-эффект, прямая и обратная связь, определенная тональность/стиль жизни, доверительная коммуникация, близость к аудитории и долгосрочное действие. Согласно исследованиям, до 92% пользователей соцсетей доверяют советам инфлюенсеров больше, чем стандартной рекламе. Немаловажную роль в становлении такого высокого уровня доверия играет возможность прямого общения со своим кумиром через соцсети. Кроме того, аудитория блогера хочет приблизиться к его образу жизни, используя товары и услуги, которыми пользуется инфлюенсер. Такой маркетинг позволяет бренду наладить отношения с молодой аудиторией.

Заключение.

Выделены основные требования, которые необходимо учитывать, при разработке стратегии интернет-маркетинга в 2022 году:

- повышение качества контента (любой формат контента, который вы создаете, должен быть максимально высокого качества, начиная от медиа ресурса (фото, видео, анимация) и заканчивая текстом. Необходимо вызывать интерес с первой секунды и повышать вовлеченность);
- вирусность (пользователи в интернете ищут развлечения, динамику и отдых, поэтому хорошо созданный клип с вашим товаром или челлендж будут иметь больший успех и по критерию вовлеченности, и по количеству распространений, увеличив ваши охваты);
- экспертность (информация, которую вы доносите до потребителя, должна содержать факты, подтвержденные данные, интересную информацию, которую они могли не знать. Задача принести пользу через контент, решить потенциальную или

существующую проблему и тем самым продемонстрировать, что вы - эксперт и вам надо доверять);

- оптимизация сайта (во-первых, под мобильную версию, ведь по статистике все больше людей предпочитают смартфоны и используют их намного чаще, чем компьютеры. Во-вторых, новый тренд — это голосовой поиск, наличие на вашем сайте функции голосового поиска даст значительную отстройку от конкурентов и преимущество);

- омниканальность (подразумевает организацию неразрывного взаимодействия с клиентом через различные каналы: социальные медиа, веб-сайт, интернет-магазины, мобильные приложения, колл-центр, офлайн-магазины, e-mail рассылку. Таким образом, помогает лучше понять потребителя и с большей вероятностью довести его до конверсии);

- интерактивность (уменьшение социальных контактов у населения вызвало еще больший интерес к интерактивам. Интерактив повышает вовлеченность, побуждает принимать участие при просмотре видео или постов в социальных сетях);

- персонализация (сегодня особенную актуальность составляет персонализированный подход. Многие потребители переживают сложную финансовую ситуацию, страдают от мер вынужденной самоизоляции и огромного количества негатива вокруг, поэтому персонализацию нужно масштабировать, а это значит персонализировать продукты, контент, электронные рассылки, рекламу и многое другое.

Предложены наиболее актуальные виды и инструменты интернет-маркетинга для продвижения в 2022 году: вебинары и обучающие ролики, виртуальные экскурсии, прямые эфиры в социальных сетях, сторителлинг, AR приложения, реклама в мобильных приложениях, influencer-маркетинг.

Список использованных источников

[1] GlobalWebIndex [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gwi.com/coronavirus>– Дата доступа: 01.03.2022.

[2] Актуальные проблемы современных экономических систем - 2021: сб. науч. ст. / Брестский гос. техн. ун-т ; под редакцией А.Г.Проровского. – Брест: издательство БрГТУ, 2021. – 172 с.

CURRENT INTERNET MARKETING TOOLS FOR EFFECTIVE PROMOTION IN A PANDEMIC

A.PRAROUSKI

*Head of the Department of World Economy
Marketing, Investment*

Brest State Technical University,
Head of the Department of World Economy, Marketing, Investment
E-mail: prorovag@gmail.com

Abstract.

Consumer behavior in the context of the coronavirus pandemic has changed significantly. The paper investigates these changes and suggests Internet marketing tools to improve the effectiveness of marketing in the post-pandemic period, such as improving the quality of content, virality, expertise, site optimization, omnichannel, interactivity, personalization.

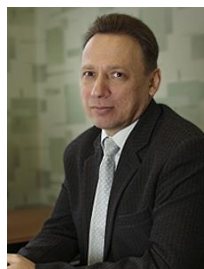
Keywords: Internet marketing, consumer behavior.

УДК 004.932.2

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЗАДАЧАХ КОМПЬЮТЕРНОЙ ДИАГНОСТИКИ



Р.В. Козарь
аспирант БГУИР,
инженер-программист
ООО «Е-Ком Технологии»



А.А. Навроцкий
заведующий кафедрой информационных
технологий автоматизированных систем
БГУИР, кандидат физико-математических
наук, доцент

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

E-mail: pozitr0n.kozarroman@gmail.com

Р.В. Козарь

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Аспирант БГУИР. Работает в ООО «Е-Ком Технологии» в должности инженера-программиста. Проводит научные исследования данных медицинских изображений, полученных методом оптической эндоскопии для дальнейшего использования их в машинном обучении.

А.А. Навроцкий

Заведующий кафедрой информационных технологий автоматизированных систем Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. Кандидат физико-математических наук, доцент. Основные научные направления исследований «Компьютерное моделирование электронных приборов, систем и устройств СВЧ».

Аннотация. В данной работе предлагается модифицированная версия алгоритмы Виолы-Джонса для распознавания эндоскопических снимков, позволяющая снизить вычислительные нагрузки без ущерба для точности распознавания.

Ключевые слова: Виола-Джонс, точность распознавания, нечеткий подход, порог срабатывания.

Введение.

На данный момент существует множество методов и алгоритмов распознавания изображений и объектов на них. Одним из таких методов является метод Виолы-Джонса. Однако практически все эти методы основаны на одном принципе: вычислении свертки с определенным паттерном.

Данный метод основан на следующих принципах:

- все распознаваемые изображения используются в интегральном представлении;
- используются так называемые каскады (признаки) Хаара;
- при работе метода используется бустинг;
- все признаки поступают на вход классификатора, который дает либо истинный, либо ложный результат;
- используются так называемые каскады признаков [1].

При распознавании изображения такой подход ведет к существенному возрастанию объема производимых вычислений при увеличении размеров самой сцены распознаваемого изображения. Все это делает его малоприменимым в системах медицинской компьютерной

диагностики. Метод Виолы-Джонса, который на данный момент является одним из самых популярных алгоритмов обнаружения и распознавания объектов на медицинских изображениях, основывается на принципе сканирующего окна. Все это ведет к увеличению объема требуемых вычислений непосредственно с увеличением размера самого распознаваемого изображения, что крайне негативно сказывается на качестве распознавания и времени его распознавания.

В данной статье предлагается эффективный способ решения данной проблемы.

Улучшенный альтернативный метод сканирования для метода Виолы-Джонса.

В методе Виолы-Джонса окно распознавания двигается по изображению с некоторым шагом распознавания Δ . В нем предлагается использовать различные размеры шага по осям ox и oy (1).

$$\Delta x, \Delta y \quad (1)$$

В случае равенства размеров шага (2) будем по-прежнему применять обозначение Δ .

$$\Delta x = \Delta y \quad (2)$$

Важно понимать, что шаг сканирования влияет как на точность и качество распознавания, так и на пропускную способность распознавания. С увеличением шага будет уменьшаться вероятность ложного срабатывания в однородных областях медицинских изображений.

Также возможно увеличение скорости работы алгоритма за счет увеличения шага распознавания [2] в тех областях медицинских изображений, где искомый объект отсутствует. В существующих реализациях размер шага, как правило, выбирается между $\Delta=2$ или $\Delta=3$. Назовем ступенью выхода номер классификатора в каскаде, на котором данная часть (окно) отвергается. В представленном анализе видна взаимосвязь присутствия необходимой области медицинского изображения и его ступени выхода.

Также на рисунке 1 видно, что каждый пиксель имеет яркость обратно пропорциональную ступени выхода [3].

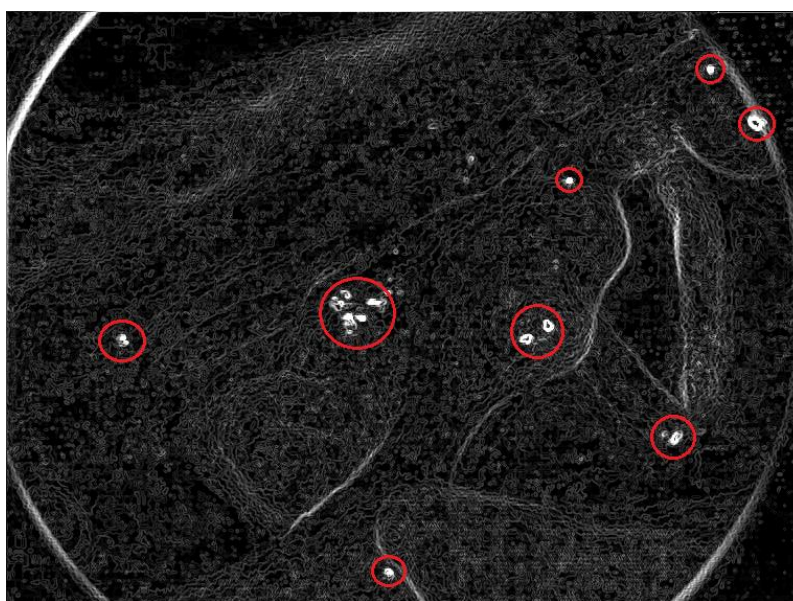


Рисунок 1. Окно распознавания отвергается на равномерных

областях, которые не содержат искомый паттерн, ранее

Данная стратегия позволяет увеличивать размер шага при самых малых значениях ступени выхода и также увеличивать его при приближении к объекту поиска соответственно. Также данный подход позволяет избежать дополнительных затрат алгоритма на нормализацию подокна поиска.

Данная модификация (нормализация соответственно) необходима для минимизации влияния различных условий освещения в методе Виолы-Джонса, что безусловно актуально для задачи распознавания медицинских изображений.

Для более точной и наглядной оценки было произведено детальное рассмотрение измененных значений шагов при распознавании. На рисунке 2 детально рассмотрен постоянный шаг $\Delta x = 2$. Из этих двух рисунков видно, что детектор распознавания не в состоянии разместить окно в локальном максимуме, в отличие от модифицированного адаптивного шага Δ .

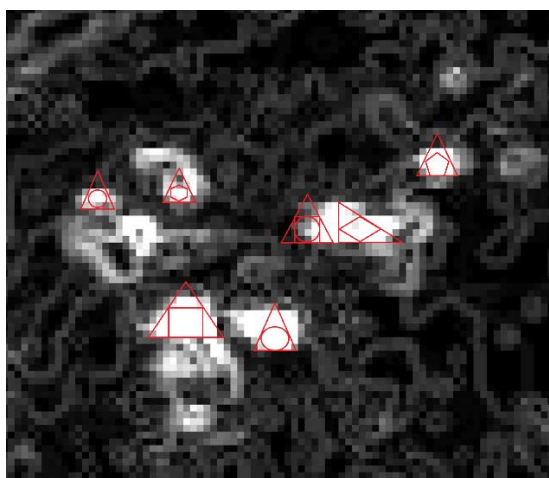


Рисунок 2. Иллюстрация постоянного шага $\Delta x = 2$ при распознавании изображения

На рисунке 3 также детально рассмотрен постоянный шаг $\Delta x = 3$.

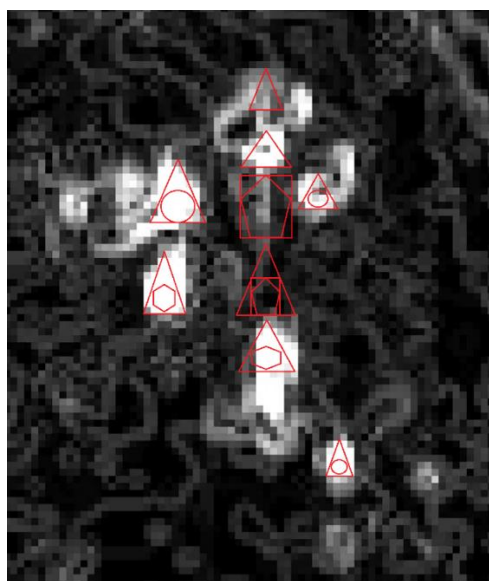


Рисунок 3. Иллюстрация постоянного шага $\Delta x = 3$ при распознавании изображения

На данных рисунках рассматриваются различные варианты Δ . Серые блоки – это увеличенные пиксели от 406 до 516 по оси ox и от 348 до 522 по оси oy .

Результаты.

В ходе данной работы были реализованы следующие подходы для сравнения и анализа:

– статическая: Δx и Δy постоянны и равны соответственно 2 или 3;

– *OpenCV*: $\Delta x = 2$ для всего распознаваемого изображения. В случае не обнаружения необходимой области медицинского изображения Δx уменьшается на 1, а Δy остается равной 2 и $\Delta = 3$, если соотношение всех размеров искомого оригинального изображения и уменьшенного более, чем на 2, иначе $\Delta = 3$.

Для сравнения результатов были использованы метрики по точности распознавания и по отзыву распознавания (*precision/recall*) (3).

$$recall = \frac{TP}{TP + EN} \tag{3}$$
$$precision = \frac{TP}{TP + EP}$$

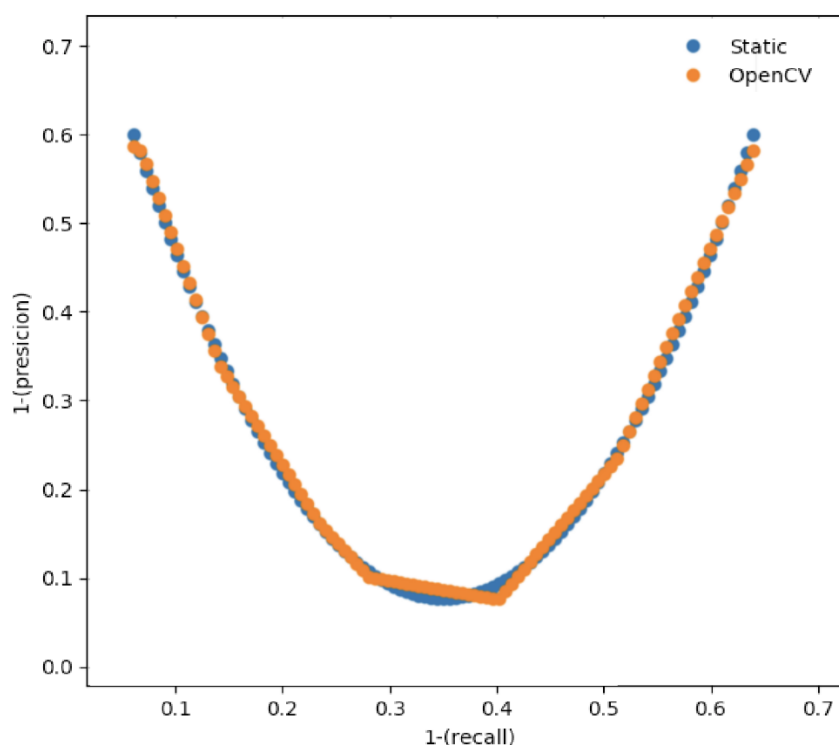


Рисунок 4. Результаты первого тестирования: метрики – отзыв распознавания и точность распознавания

Заключение.

В данной статье была предложена новая методика адаптированного сканирующего окна для улучшения процесса обнаружения искомого объекта при использовании

алгоритма Виолы-Джонса, а также результаты ее использования и сравнение с существующими методиками сканирования при распознавании изображений.

Были представлены результаты для реализации нового детектора для распознавания медицинских изображений, однако данная оптимизация может быть применена для любого алгоритма обнаружения объектов, в котором есть и используется сканирующее окно и каскадный классификатор.

Также, по сравнению с существующими методами и подходами, модифицированный адаптивный детектор (сканирующее окно) обеспечивает лучшие показатели в пространстве *recall/precision*, что становится особенно важным для распознавания медицинских изображений (а в частности снимков с эндоскопической камеры).

Список использованных источников

[1] Паттерсон Дж. Глубокое обучение с точки зрения практика / Дж. Паттерсон, А. Гибсон. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 418 с.

[2] Hiromoto M., Sugano H., Miyamoto R. Partially parallel architecture for Adaboost based detection with haar-like features. – Piscataway ; IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol, 2009. Т. 19. – P. 41 – 52.

[3] Lampert C., Blaschko M., Hofmann T. Beyond sliding windows: object localization by efficient subwindow search. – Anchorage ; Anchorage CVPR Press, 2008. P. 1 – 8.

ALTERNATIVE METHODS OF MEDICAL IMAGE RECOGNITION IN COMPUTER DIAGNOSTICS

R.V. KOZAR

*Postgraduate student of the
BSUIR, software engineer “E-COM
Technologies”*

A.A. NAVROTSKY,

*Candidate of Physical and Mathematical Sciences
Head of the Department of Information Technologies of
Automated Systems, BSUIR*

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus

E-mail: pozitr0n.kozarroman@gmail.com

Abstract. This article proposes a modified version of the Viola-Jones algorithm for endoscopic images recognition, which allows to reduce computational loads without compromising recognition accuracy.

Keywords: Viola-Jones, recognition accuracy, fuzzy approach, response threshold.

УДК 339.138

АВТОСЕРВИС В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ



М.А. Ремнева

магистрант кафедры маркетинга ПГНИУ



А.В. Богдановский

старший преподаватель кафедры маркетинга ПГНИУ

ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермь, Российская Федерация
E-mail: marketing.psu@yandex.ru

М.А. Ремнева

Окончила Пермский государственный национальный исследовательский университет. Магистрант ПГНИУ.

А.В. Богдановский

Старший преподаватель кафедры маркетинга ПГНИУ, эксперт по обучению Яндекса, эксперт в вопросах комплексного продвижения, оценки эффективности, юзабилити, контекстной рекламы, веб-разработки для производственных предприятий, крупных дилеров, оптовиков и B2B-сектора

Аннотация. В статье представлены результаты продвижения автосервиса в социальной сети ВКонтакте по конкретным шагам (разная рекламная компания под разные регионы, сокращение пути клиента от обращения до покупки в социальных сетях, таргетинг по ключевым фразам). Протестированы различные варианты стратегии продвижения в социальных сетях. Было определено, какая стратегия больше подходит именно для продвижения автосервиса по установке газобаллонного оборудования для автомобилей.

Ключевые слова: автосервис, продвижение автосервиса, таргетинг, стратегия продвижения, рекламная компания.

Введение.

Нужны ли компании социальные сети? По данным отчёта Digital 2022, аудитория социальных сетей в России на начало 2022 года составила 72,7% от всего населения страны. И скорее всего, там есть потенциальные клиенты компании. По данным Kerios, за 2021 год количество пользователей соцсетей в России увеличилось на 7 млн. (+7,1%) [1].

сетях становятся эффективным инструментом продвижения бизнеса лишь при условии серьёзной работы с ними. И начать стоит с разработки SMM-стратегии.

Сегодня нет чётких стандартов, как должна выглядеть SMM-стратегия. Всё зависит от масштабов компании и, что немаловажно, её возможностей. Например, стратегия для крупного бизнеса — это объёмный документ с большим количеством аналитики и глубокой проработкой всех этапов присутствия в социальных сетях. А локальной или небольшой компании зачастую достаточно обозначить свою целевую аудиторию, составить рубрикатор и план медийного продвижения контента.

SMM-стратегия помогает определить, в каком направлении движется бренд и каким образом планирует добиваться результата. В идеале она должна соответствовать маркетинговой стратегии компании в целом (с поправкой на инструменты и особенности коммуникации в социальных сетях) [2].

Результаты.

Рассмотрим на примере автосервиса «Автомастергаз» как продвигаться в социальных сетях.

Компания «Автомастергаз» занимается установкой и обслуживанием газобаллонного оборудования для легковых и грузовых автомобилей [3].

Особенности:

-высокая конкуренция (компаний, которые предоставляют аналогичные услуги, достаточно много);

-продукт сложный, он не продается «с первого касания»;

-установка ГБО на автомобиль — разовая услуга, поэтому новые заявки нужны постоянно;

-у клиента 2 сайта для каждого города и группы в ВКонтакте, также отдельные для Перми и Екатеринбурга,

-рекламный трафик нужно вести в личные сообщения ВКонтакте.

Задача: привлечь максимальное количество заявок из соцсетей при ограниченном бюджете.

Было выделено 4 основных этапа бюджетного продвижения автосервиса в социальных сетях.

1. Разные регионы — разная реклама. Рекламные кампании были разделены по региональному признаку — в каждом городе действуют свои акции, также отличаются цены на топливо, поэтому рекламные предложения будут разными. Были составлены рекламные креативы для продвижения автосервиса «Автомастергаз» (рисунок 1).

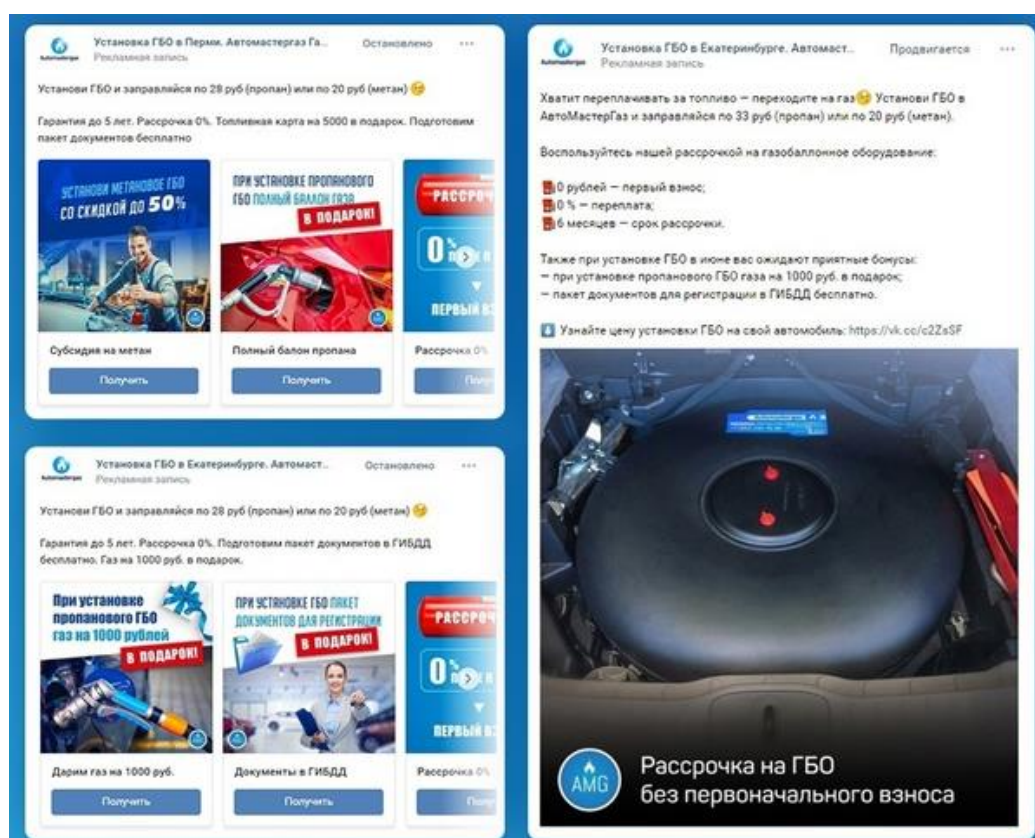


Рисунок 1. Рекламные креативы для продвижения автосервиса «Автомастергаз»

2. Сокращаем путь клиента. Стандартная схема для соцсетей: человек заинтересовался товаром или услугой, хочет задать вопрос и оставляет комментарий либо

пишет в «личку» — возникает диалог, который может быть растянут во времени. На этом этапе есть большой риск потерять потенциального клиента (а конкуренты начеку).

Необходимо максимально сокращать количество действий для пользователя, который хочет узнать, сколько стоит установка газового оборудования.

Поэтому стандартный формат — форма сбора заявок ВКонтакте — здесь не подходит: нужен именно живой диалог с пользователем, а не просто сбор контактов.

Так, был разработан шаблон, который предлагает подобрать оборудование под конкретную марку и модель автомобиля (рисунок 2).

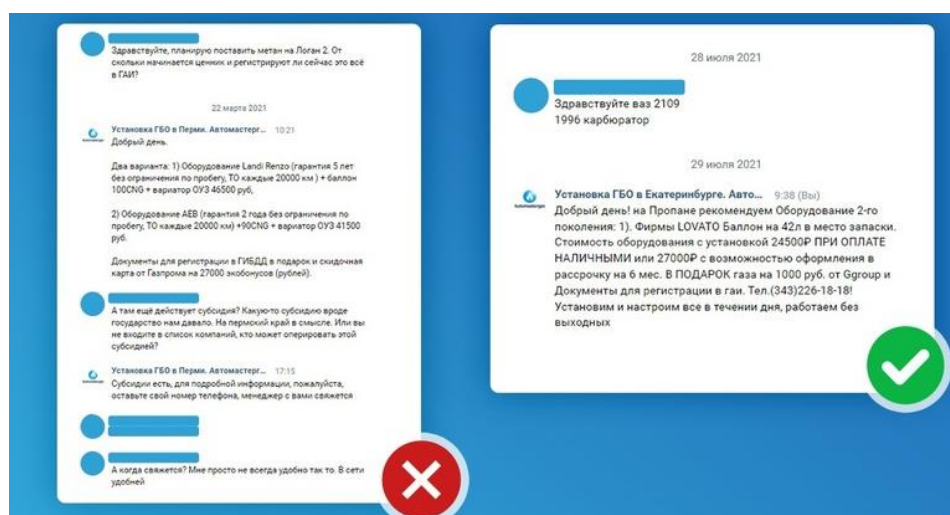


Рисунок 2. Пример пути клиента подбора газового оборудования по марке машины без шаблона и с шаблоном

Можно заметить, что путь клиента существенно сокращается с огромной и длинной переписки до одного сообщения клиента.

Был добавлен приветственный виджет в группе Вконтакте, в котором также предлагается расчет стоимости ГБО по марке машины (рисунок 3).

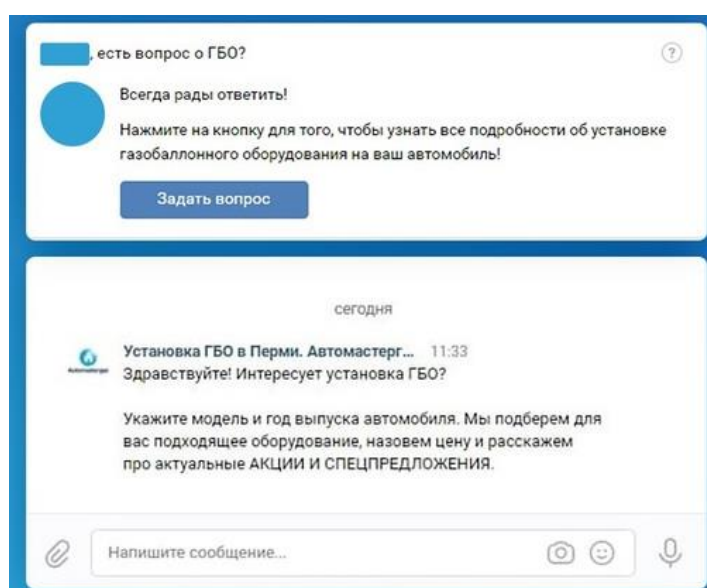


Рисунок 3. Приветственный виджет в группе Вконтакте автосервиса «Автомастергаз»

Так, виджет приветствия Вконтакте подтолкнет аудиторию совершить целевое действие: подписаться на рассылку, оформить заказ, почитать FAQ, получить бонус и т.д. [4]

А также была настроена пересылка сообщений из социальной сети Вконтакте в мессенджеры для быстрого обмена информацией между специалистом и потенциальным покупателем оборудования.

За счет выполненных ключевых трех действий по сокращению пути клиента удалось привлекать и оперативно обрабатывать намного больше входящих заявок.

3. Следующим шагом перед нами стояла задача поиска клиентов для автосервиса «Автомастергаз» в социальных сетях.

Было протестировано 2 варианта привлечения клиентов. 1 вариант – узкое сегментирование [5]. Тестовые рекламные кампании были запущены на следующие аудитории:

— базы таксистов, водителей грузовых автомобилей (типа «газелей») и автобусов, дальнбойщиков. Те, кто зарабатывает с помощью автомобиля и заинтересован в экономии топлива;

— аудитория, собранная на основе баз подписчиков конкурентов;

— аудитория, собранная с помощью пикселя на сайте.

Запустив рекламу на данные целевые аудитории, результаты не устраивали: заявок мало, а охваты получались дорогими.

Тогда был протестирован 2 вариант привлечения клиентов – широкая сегментация. Газобаллонное оборудование может быть интересно всем автолюбителям, так как сэкономить на заправке хочет каждый.

Был переключен показ рекламы на тех, кто в принципе имеет автомобиль (в рекламы были показаны цены и специальные предложения для автолюбителей). В результате при рекламе во втором варианте пошли заявки и охваты рекламы снизились в стоимости.

Поэтому при выборе стратегии продвижения в социальных сетях важно тестировать разные гипотезы. Казалось бы, реклама на широкую аудиторию — это большие затраты и маленькая вероятность «попасть в цель, но именно по рекламе газобаллонного оборудования для автомобилей сработал второй вариант стратегии продвижения в социальных сетях [6].

4. Также был применен инструмент продвижения – таргетинг по ключевым фразам (контекстный таргетинг). Этот инструмент ВКонтакте позволяет настроить рекламу на тех, кто искал товары или услуги по определенным запросам [7]. Пример таргетинга для автосервиса «Автомастергаз» по ключевым фразам представлен на рисунке 4.

Была тщательно проработана семантика — подобраны запросы, стремясь максимально охватить список высоко-, средне- и низкочастотных запросов, связанных с покупкой газового оборудования; была сосредоточенность исключительно на бытовых запросах (были исключены запросы, связанные с технической поддержкой и информацией общего характера).

В результате, за 6 месяцев, с июня по ноябрь, было получено 487 заявок по цене не дороже 100 рублей за контакт.

Это отличный результат, ведь средний чек на установку газобаллонного оборудования достаточно высокий, а значит, клиент окупил расходы на рекламу и полноценно загрузил заказами свои сервисные центры в Перми и Екатеринбурге.

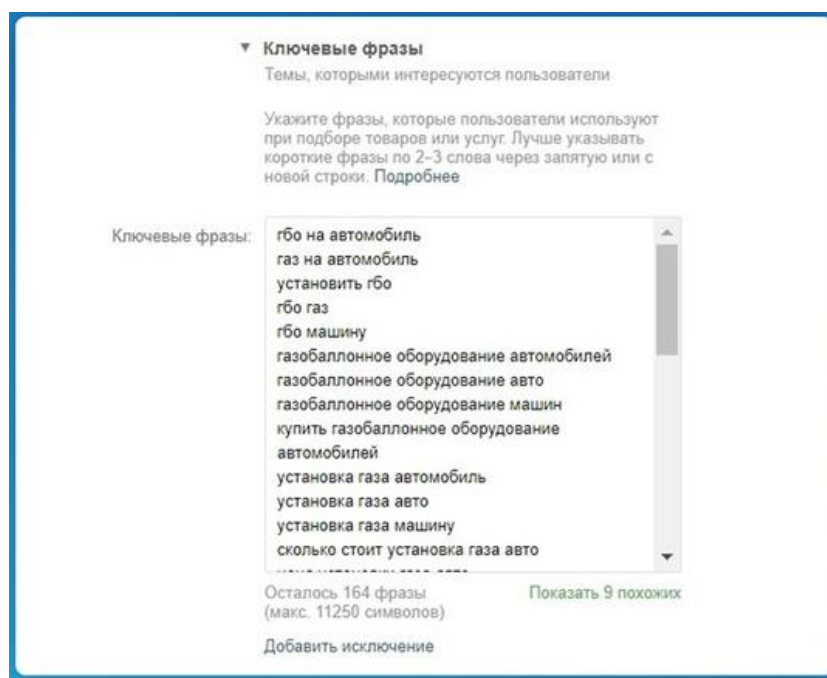


Рисунок 4. Таргетинг по ключевым фразам для автосервиса «Автомастергаз»

Заключение.

Разработанная стратегия продвижения автосервиса в социальной сети Вконтакте позволила привлечь новых клиентов по низкой цене. Социальная сеть Вконтакте является эффективным инструментом продвижения бизнеса и привлечения новых клиентов.

Список использованных источников

- [1] Чуранов Е. Статистика интернета и соцсетей на 2022 год — цифры и тренды в мире и в России [Электронный ресурс]. URL: <https://www.web-canape.ru/business/internet-v-rossii-v-2022-godu-samy-e-vazhnye-cifry-i-statistika/> (дата обращения: 12.03.2022)
- [2] Хацкелевич А.Н., Лопатина Е.И., Жикина Н.А. МЕТОДЫ ПРОДВИЖЕНИЯ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ, ТРЕНДЫ И ТЕХНОЛОГИИ SMM//Актуальные вопросы современной экономики. 2019. № 4. С. 610-618. [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39212077>
- [3] Официальный сайт автосервиса «Автомастергаз» [Электронный ресурс]. URL: <https://gas59.ru> (дата обращения: 12.03.2022)
- [4] Виджет приветствия «ВКонтакте»: зачем нужен и как использовать [Электронный ресурс]. URL: <https://leadmachine.ru/2017/12/21/vidzhet-privetstviya-vkontakte-zachem-nuzhen-i-kak-ispolzovat/> (дата обращения: 12.03.2022)
- [5] Брезгина К.В., Антисескул Е.А., Попова А.В. ОСОБЕННОСТИ МАРКЕТИНГА ВЗАИМООТНОШЕНИЙ С КЛИЕНТАМИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДИЛЕРОВ//Маркетинг МВА. Маркетинговое управление предприятием. 2019. Т. 10. № 2. С. 146-172. [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41140964> (дата обращения: 12.03.2022)
- [6] Хацкелевич А.Н., Лыкова Д.И., Лекомцева А.А. ПРОДВИЖЕНИЕ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ В МАРКЕТИНГОВЫХ КОММУНИКАЦИЯХ НА ПРИМЕРЕ ТОРГОВОГО ЦЕНТРА//Научный журнал Дискурс. 2019. № 10 (36). С. 83-98. [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41202828>
- [7] Керзина Е.А., Леденцова Е.А., Лейберова Е. С. Комплексное маркетинговое исследование российского рынка автоприцепов. // Электронный журнал Дискурс. – 2019. – № 5(31) Экономические науки. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://journal-discurs.ru/files/arkhiv-zhurnala/5-2019/129-138.pdf> (дата обращения: 12.03.2022)

CAR SERVICE IN SOCIAL NETWORKS

M.A. REMNEVA

*Master's student of the Marketing Department of
PSNIU*

A.V. BOGDANOVSKY

*Senior lecturer of the Marketing Department of
PSNIU*

Perm State National Research University, Perm, Russia

E-mail: marketing.psu@yandex.ru

M.A. Remneva

Graduated from Perm State National Research University. Master's student of PSNIU.

A.V. Bogdanovsky

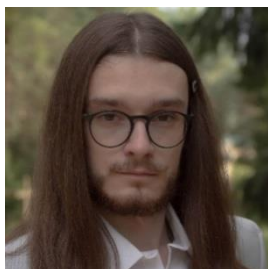
Senior lecturer at the Department of Marketing at PSNIU, Yandex training expert, expert in integrated promotion, efficiency assessment, usability, contextual advertising, web development for manufacturing enterprises, large dealers, wholesalers and the B2B sector

Abstract. The article presents the results of the promotion of a car service in the Vkontakte social network by specific steps (different advertising company for different regions, shortening the customer's path from contacting to buying in social networks, targeting by keywords). Various variants of the promotion strategy in social networks have been tested. It was determined which strategy is more suitable for the promotion of a car service for the installation of gas cylinder equipment for cars.

Keywords: auto repair, car service promotion, targeting, promotion strategy, advertising company.

УДК [611.018.51+615.47]:612.086.2

ЭЛЕКТРОННЫЕ МЕДИЦИНСКИЕ КАРТЫ КАК ПРЕДСТАВИТЕЛЬ BIG DATA В МЕДИЦИНЕ



А.А. Кисель
студент БГУИР



С.Н. Нестеренков
декан факультета компьютерных систем и сетей, кандидат технических наук, доцент



А.Н. Марков
старший преподаватель, магистр технических наук, заместитель начальника ЦИИР

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь
E-mail: aleksandrkiisel84@gmail.com, s.nesterenkov@bsuir.by, a.n.markov@bsuir.by

А.А. Кисель

Студент 4 курса специальности “Программное обеспечение информационных технологий” БГУИР.

С.Н. Нестеренков

Кандидат технических наук, декан факультета компьютерных систем и сетей Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доцент кафедры Программного обеспечения информационных технологий. Автор публикаций на тему машинного обучения, алгоритмов принятия решений, искусственных нейронных сетей и автоматизации.

А.Н. Марков

Магистр технических наук, старший преподаватель кафедры ПИКС Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, заместитель начальника ЦИИР БГУИР.

Аннотация. Электронные медицинские карты (EHRs) [1] – наиболее распространенное применение больших данных в медицине. У каждого пациента есть своя собственная цифровая запись, которая включает демографические данные, историю болезни, аллергию, результаты лабораторных анализов и т.д. Записи передаются через защищенные информационные системы и доступны поставщикам услуг как из государственного, так и из частного секторов. Каждая запись состоит из одного изменяемого файла, что означает, что врачи могут вносить изменения с течением времени без бумажной волокиты и без опасности репликации данных [2].

Ключевые слова: EHR, электронные медицинские карты, большие данные, медицина.

Введение.

В текущие времена повсеместной автоматизации, глобализации и расширения использования информационных технологий все больше и больше сфер жизни начинают переходить со старых методов работы на современные, полагающиеся на информационные технологии.

На текущем этапе развития сложно представить, как человечество, государственность и общество будут функционировать без использования современных технологий. Финансовые операции с использованием наличных денег заменяются на банковские переводы и пластиковые карты, бесконтактные методы оплаты. Оформление документов, заказ справок, выписка с личным присутствием в очередях заменены на электронный

оборот документации, оформление очередей и записей посредством сети интернет. Отслеживание, документирование и анализ природных показателей и метеорологических данных, выстраивание производственных и транспортных цепочек.

Все эти направления требуют и имеют в себе большие количества различной по своему виду и назначению информации. Всё это – большие данные (big data), обозначение структурированных и неструктурированных данных огромных объёмов и значительного многообразия, эффективно обрабатываемых горизонтально масштабируемыми программными инструментами. На данный момент использование больших имеет большое значение и в сфере медицины.

Электронные медицинские карты.

Электронная медицинская карта (EHR) – это цифровая версия бумажной карты пациента. EHR – это записи в реальном времени, ориентированные на пациента, которые мгновенно и безопасно предоставляют информацию авторизованным пользователям. В то время как EHR действительно содержит истории болезни и лечения пациентов, система EHR построена таким образом, чтобы выходить за рамки стандартных клинических данных, собираемых в офисе поставщика услуг, и может включать более широкий спектр информации для ухода за пациентом. Так как система хранит персональные данные пациентов, она попадает под международные и государственные законы о защите персональных данных, что требует от системы большого уровня защищенности информации и надежности её передачи. EHR являются жизненно важной частью информационных технологий здравоохранения и могут:

- содержать историю болезни пациента, диагнозы, лекарства, планы лечения, даты иммунизации, аллергии, рентгенологические снимки, а также результаты лабораторных исследований и анализов;

- разрешать доступ к инструментам, основанным на фактических данных, которые медицинские учреждения могут использовать для принятия решений об уходе за пациентом;

- автоматизировать и оптимизировать рабочий процесс медицинского учреждения.

Одной из ключевых особенностей EHR является то, что информация о состоянии здоровья может создаваться и управляться авторизованными работниками в цифровом формате, которой можно обмениваться с другими работниками внутри организации здравоохранения или за её пределами (к примеру, обмен между больницами). EHR созданы для обмена информацией с другими поставщиками медицинских услуг и организациями, такими как лаборатории, специалисты, медицинские центры визуализации, аптеки, учреждения неотложной помощи, а также школьные и рабочие клиники, поэтому они содержат информацию от всех врачей, участвующих в уходе за пациентом.

Большое количество услуг для пациентов доступно сегодня благодаря достижениям в области применения EHR. Планирование встреч из дома, чтение результатов тестов из любого места и в любое время являются общими. Пациентам предоставляется лучшая медицинская помощь благодаря наличию сетей Wi-Fi, которые обеспечивают быстрый доступ к информации поставщиков. Кроме того, есть примеры, практики использования роботов, огромное количество информации на сотнях веб-сайтов, таких как WebMD.com, применение достижений в медицине благодаря компьютеризированным системам [3], использования Интернета вещей (IoT) ориентированного на пациента [4]. Также благодаря современным технологиям становится возможным более глубокое и продуктивное взаимодействие с пациентами с ограниченными возможностями [5].

Информация в электронных медицинских картах.

Электронная медицинская карта (EHR) содержит информацию о состоянии здоровья пациента, такую как:

- административные и платежные данные;
- демография пациентов;

- заметки о ходе лечения;
- жизненно важные показатели;
- истории болезни;
- диагноз;
- лекарства;
- даты иммунизации;
- аллергии;
- рентгенологические изображения;
- лабораторные работы и результаты испытаний.

EHR – это больше, чем просто компьютерная версия бумажной диаграммы в кабинете медицинского работника [6]. Это цифровая запись, которая может предоставить исчерпывающую медицинскую информацию о пациентах. Системы EHR созданы для обмена информацией с другими поставщиками медицинских услуг и организациями, такими как лаборатории, специалисты, медицинские центры визуализации, аптеки, учреждения неотложной помощи, а также школьные и рабочие клиники, поэтому они содержат информацию от всех врачей, участвующих в уходе за пациентом.

Преимущества электронных медицинских карт.

Электронный документооборот и использование электронных медицинских карт позволяет избежать множество проблем, связанных с ведением и хранением информации о пациентах в печатном виде. Основные преимущества:

– Бессрочное хранение информации. Бумажные носители имеют свойство деградации и разрушения. Медицинские карты и печатные записи могут подвергаться естественному устареванию, выцветанию. Они могут пострадать в случае пожара или затопления, в то время как электронные записи могут храниться в нескольких хранилищах данных;

– Экономия времени при работе с картами. В случае необходимости передачи информации о пациенте в другой кабинет или медицинское учреждение электронный вариант имеет преимущество за счет скорости передачи. Принятие EHR может генерировать внешние эффекты, что означает его ценность для одной больницы зависит от принятия решений других больниц [7]. Электронные медицинские карты могут быть полезны работодателям, в случае если для данного вида работы необходима медицинская книжка либо прохождение специальных анализов [8]. Также электронные варианты представляют преимущество в случае копирования и изменения информации.

– Надежность хранения. Бумажные варианты могут быть утеряны, в то время как электронная информация может иметь несколько копий на разных устройствах.

– Надежность доступа. Благодаря современным методам информационной защиты вероятность внесения изменений в данные пациентов третьими лицами минимальна. В случае неправомерного использования можно отследить кто и когда вносил изменения. Принятие EHR может улучшить качество медицинской помощи за счет уменьшения ошибок и улучшения профилактики заболеваний и хронических заболеваний, лечение болезней [9].

Заключение.

Современные технологии позволяют упростить работу во множестве сфер, и здравоохранение не исключение. На территории Европы и США электронные медицинские карты используются уже на протяжении многих лет. Республика Беларусь тоже не отстает от современных тенденций. Уже сейчас пациентам поликлиник и больниц доступны электронные очереди, заказы анализов и направлений онлайн, пластиковые карты-рецепты для покупки рецептурных лекарств в аптеках. Также в поликлиниках уже используются электронные медицинские карты, дающие преимущество врачам и проходящим у них лечение пациентам.

Список использованных источников

- [1] What is an electronic health record (EHR)? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.healthit.gov/faq/what-electronic-health-record-ehr>. – Дата доступа: 24.03.2022.
- [2] Electronic Health Records [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cms.gov/Medicare/E-Health/EHealthRecords>. – Дата доступа: 24.03.2022.
- [3] Combs C.D., J. A. Sokolowski, and C. M. Banks. The Digital Patient: Advancing Healthcare, Research, and Education. (Wiley Series in Modelling and Simulation) Hoboken, NJ: Wiley, 2017.
- [4] Internet of Things for Healthcare Technologies / М.Н. Kolekar [и др.]. – Singapore: Springer, 2021.
- [5] Лихута, Е.И. О проблеме разработки образовательного программного обеспечения для людей с ограниченными возможностями / Е.И. Лихута, С.Н. Нестеренков // Проблемы повышения эффективности образовательного процесса на базе информационных технологий : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 27 апреля 2018 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Ю.Е. Кулешов [и др.]. - Минск, 2018. - С. 54-57.
- [6] Exchange of electronic health records across the EU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/electronic-health-records>. – Дата доступа: 24.03.2022.
- [7] Oko, I.O. Effective Communication in Hospital Environment / I.O. Oko. – South Carolina : CreateSpace Independent Publishing Platform, 2018..
- [8] Нестеренков, С.Н. Система определения вероятности успешного прохождения собеседования соискателем на основе экспертных оценок / С.Н. Нестеренков, В.Н. Видничук, Н.Н. Шинкевич // Информационные технологии и системы 2018 (ИТС 2018) : материалы междунар. науч. конф., Минск, 25 окт. 2018 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л. Ю. Шилин [и др.]. - Минск, 2018. - С. 126-127.
- [9] Gerd Gigerenzer, Muir Gray, J.A. Better Doctors, Better Patients, Better Decisions / J.A. Muir Gray. – Strüngmann Forum Reports, 2020.

USING OF ELECTRONIC HEALTH RECORDS (ehr) IN MODERN world

A.A. KISEL

*Student of Belarusian State
University of Informatics
and Radioelectronics*

S.N. NESTERENKOV

*PhD, Dean of Faculty of Computer
Systems and Networks*

A.N. MARKOV

*Senior lecturer of the
department, Deputy head of
the Center for Informatization
and Innovative Developments*

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

E-mail: aleksandrkiel84@gmail.com, s.nesterenkov@bsuir.by, a.n.markov@bsuir.by

Abstract. Electronic health records (EHRs) is the most widespread application of big data in medicine. Every patient has his own digital record which includes demographics, medical history, allergies, laboratory test results, etc. Records are shared via secure information systems and are available for providers from both the public and private sectors. Every record is comprised of one modifiable file, which means that doctors can implement changes over time with no paperwork and no danger of data replication.

Keywords: EHR, electronic health record, big data, medicine.

УДК [004.042]

АНАЛИЗ СОНЛИВОСТИ МУЖЧИН ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ПАТОЛОГИЯХ



А.В. Сидоренко

профессор
факультета радиофизики и
компьютерных технологий
Белорусского государственного
университета, доктор технических
наук



Н. А. Солодухо

старший преподаватель факультета
радиофизики и компьютерных
технологий Белорусского
государственного университета,
магистр физико-математических наук

Белорусский государственный университет, Республика Беларусь

E-mail: sidorenkoa@yandex.by /

А. В. Сидоренко

Окончила Белорусский государственный университет. Работает в должности профессора факультета радиофизики и компьютерных технологий БГУ, д. т. н. Специалист в области обработки и анализа биомедицинских сигналов, нелинейных методов анализа, включая методы детерминированного хаоса в области защиты информации в роботизированных системах

Н. А. Солодухо

Окончил Белорусский государственный университет, магистратуру и аспирантуру. Работает в должности старшего преподавателя факультета радиофизики и компьютерных технологий БГУ. Проводит научные исследования в области работы головного мозга, обработки биоэлектрических сигналов, шумового излучения

Аннотация. Проведены экспериментальные исследования электроэнцефалограмм при различных паттернах ЭЭГ, представляющие собой патологии: дистония, рассеянный склероз, пароксизмальное состояние неуточненного генеза. Электроэнцефалограммы анализировались в стандартных отведениях. Проанализированы количественные параметры сонливости мужчин, выраженные спектральной плотностью мощности ритмических компонент мозга, выборочной и аппроксимационной энтропий. Показано, что в каждом из рассмотренных паттернов наблюдается сонливость.

Ключевые слова: электроэнцефалограмма, паттерны ЭЭГ, человек, сонливость, дистония, рассеянный склероз.

Введение.

Для нормального функционирования человека и выполнения им соответствующих ответственных обязанностей в течение рабочего дня необходимо бодрое и работоспособное состояние. При этом целесообразно контролировать наличие сонливости (депривации сна), в том числе, и при наличии различных патологий, связанных с работой центральной нервной системы (ЦНС), чтобы своевременно принимать меры по смене деятельности или введению элементов отдыха.

В связи с этим, целью работы стала оценка сонливости, особенно у мужчин, при изучении паттернов электроэнцефалограмм, свойственных таким патологиям, как: дистония, рассеянный склероз, пароксизмальное состояние неуточненного генеза. В качестве параметров, используемых для оценки сонливости на основе анализа паттернов электроэнцефалограмм, использовались информационные параметры: спектральная

плотность мощности различных ритмических компонент мозга, выборочная и аппроксимационная энтропии.

Методика проведения исследований.

Регистрация электроэнцефалограмм осуществлялась по схеме “10/20” с использованием электроэнцефалографа “Нейрокартограф” фирмы МБН. Погрешность измерения электроэнцефалографа составляет 5% [1]. Обработка и анализ электроэнцефалограмм проводились в разработанной нами информационно-измерительной системе, адаптированной для работы с электроэнцефалограммами [2]. Электроэнцефалограммы мужчин обрабатывались в режима: состояние 1 – дистония, состояние 2 - рассеянный склероз, состояние 3 – пароксизмальное состояние неуточненного генеза.

Результаты.

Спектральная плотность мощности тета-ритма, усредненная по всем отведениям, в состоянии 1 возросла в 2,3 раза от фонового значения; в состоянии 2 - увеличилась на 27,4% от фона; в состоянии 3 - возросла на 15,9% от фонового значения (рисунок 1).



Рисунок 1. Изменения спектральной плотности мощности тета-ритма при различных паттернах, усредненная по всем отведениям

Возрастание спектральной плотности мощности тета-ритма, усредненной по всем отведениям, может являться следствием умственной усталости или сонливости (депривации сна), если провести сравнительный анализ с результатами, полученными нами и приведенными на рисунке 2 и данными из работы [3]. Т.е. можно сделать предварительное заключение (т.е. заключение основанное только на рисунках 1 и 2), что человек в состояниях 1, 2 и 3 испытывает сонливость.



Рисунок 2. Гистограммы распределения спектральной плотности мощности тета-ритма, усредненная по всем отведениям, в состоянии умственной усталости и депривации сна [3]

Изменения спектральной плотности мощности дельта-, тета-, альфа-, бета- ритмов отведениях электроэнцефалограмм Fp1, Fp2, T3, T4, полученные нами при обработке различных паттернах электроэнцефалограмм представлены на рисунке 3.

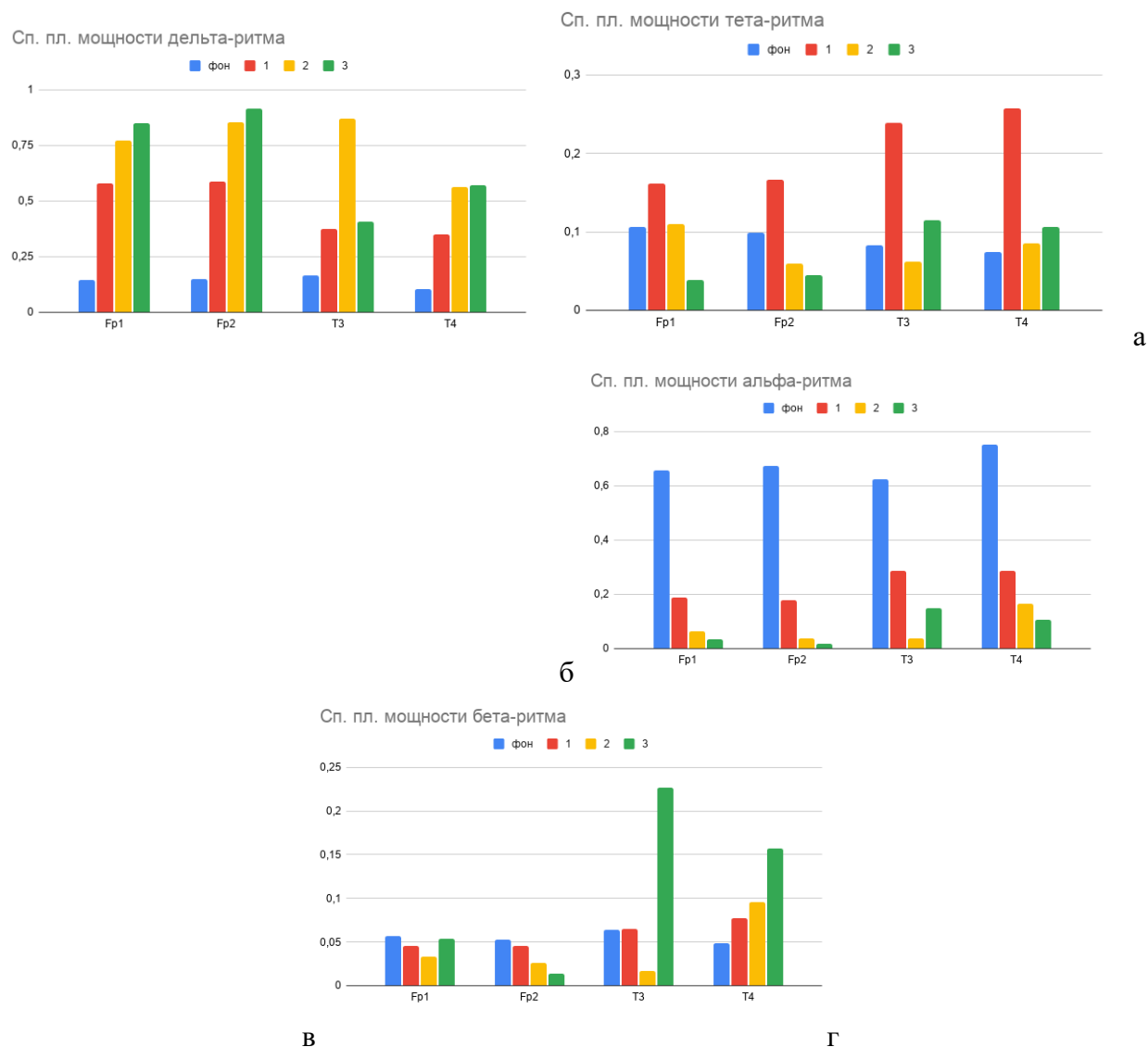


Рисунок 3. Гистограммы распределения спектральной плотности мощности дельта-, тета-, альфа-, бета- ритмов в отведениях электроэнцефалограмм Fp1, Fp2, T3, T4 при различных состояниях: фон, 1- фон, 2 – дистония, 3 – рассеянный склероз, 4 – пароксизмальное состояние неуточненного генеза

Спектральная плотность мощности дельта-ритма в состоянии 1 увеличивается во всех анализируемых четырех отведениях; в состоянии сонливости - также возрастает согласно литературным источникам (рисунки 3а и 4а). Это позволяет сделать предварительное заключение (т.е. заключение, основанное только на рисунках 3а и 4а), что человек в состоянии 1 испытывает сонливость. Спектральная плотность мощности тета-ритма в состоянии 1 увеличивается в четырех анализируемых отведениях, а при сонливости - уменьшается во всех четырех отведениях (рисунки 3б и 4б). Это позволяет сделать предварительное заключение (т.е. заключение, основанное только на рисунках 3б и 4б), что человек в состоянии 1 по анализируемому тета-ритму не испытывает сонливость.

Спектральная плотность мощности альфа-ритма при анализе падает во всех четырех анализируемых отведениях в состоянии 1, а в состоянии сонливости - также уменьшается

в отведении Т3 (рисунки 3в и 4в). Это позволяет сделать предварительное заключение (т.е. заключение, основанное только на рисунках 3в и 4в), что человек в состоянии 1 испытывает сонливость.

Спектральная плотность мощности бета-ритма в состоянии 1 уменьшается в одном отведении (Т4), а в одном - изменения не превысили погрешность (Т3); а в состоянии сонливости - уменьшается в отведениях Т3 и Т4 (рисунки 3г и 4г). Это позволяет сделать предварительный вывод (т.е. вывод, основанный только на данных рисунков 3г и 4г), что в состоянии 1 человек сонливость испытывает, что соответствует источнику [4].

Спектральная плотность мощности дельта-ритма в состоянии 2 увеличивается во всех анализируемых 4 отведениях; а в состоянии сонливости - также возрастает (рисунки 3а и 4а). Это позволяет сделать предварительное заключение (т.е. заключение, основанное только на рисунках 3а и 4а), что человек в состоянии 2 испытывает сонливость. Спектральная плотность мощности тета-ритма в состоянии 2 уменьшается в двух анализируемых отведениях (Fp2, Т3), растет в одном отведении (Т4), а в одном - изменения не превышают погрешность (Fp1); а в состоянии сонливости - уменьшается во всех четырех отведениях (рисунки 3б и 4б). Это позволяет сделать предварительное заключение (т.е. заключение, основанное только на рисунках 3б и 4б), что человек в состоянии 2 испытывает сонливость.

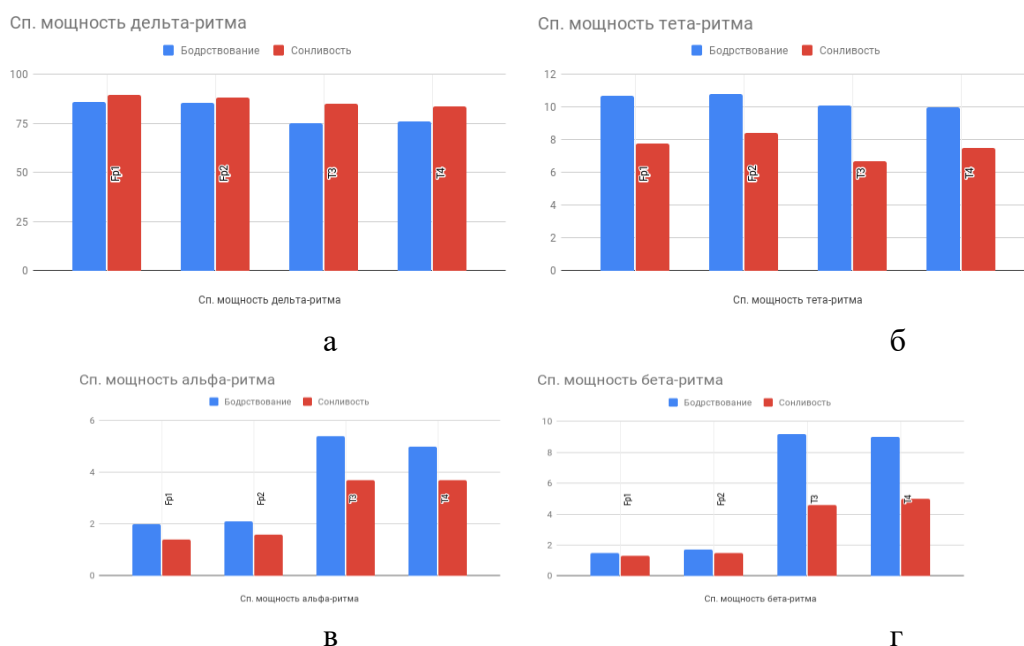


Рисунок 4. Гистограммы распределения спектральной мощности в электроэнцефалограммах человека в состоянии сонливости. Статистически значимые изменения спектральной мощности наблюдались во всех отведениях дельта- и тета-ритмов, в отведении Т3 у альфа-ритма, в отведениях Т3 и Т4 у бета-ритма [4]

Спектральная плотность мощности альфа-ритма падает во всех 4 анализируемых отведениях в состоянии 2, а в состоянии сонливости - также уменьшается в отведении Т3 (рисунки 3в и 4в). Это позволяет сделать предварительное заключение (т.е. заключение, основанное только на рисунках 3в и 4в), что человек в состоянии 2 испытывает сонливость. Спектральная плотность мощности бета-ритма в состоянии 2 возрастает в одном отведении (Т4), уменьшается в трех отведениях (Fp1, Fp2, Т3); а в состоянии сонливости - уменьшается в отведениях Т3 и Т4 (рисунки 3г и 4г). Это свидетельствует о том, что в состоянии 2 нельзя определить, испытывает ли человек сонливость или нет (рисунки 3г и 4г, Список использованных источников [4]).

Спектральная плотность мощности дельта-ритма в состоянии 3 увеличивается во всех анализируемых 4 отведениях; а в состоянии сонливости - также возрастает (рисунки 3а и 4а). Это позволяет сделать предварительное заключение (т.е. заключение, основанное только на рисунках 3а и 4а), что человек в состоянии 3 испытывает сонливость. Спектральная плотность мощности тета-ритма в состоянии 3 увеличивается в двух анализируемых отведениях (Т3, Т4), а падает - в двух других анализируемых отведениях (Fp1, Fp2); а в состоянии сонливости - уменьшается во всех четырех отведениях (рисунки 3б и 4б). Это не позволяет сделать однозначное заключение (т.е. заключение, основанное только на рисунках 3б и 4б), о том, что человек в состоянии 3 испытывает или не испытывает сонливость. Спектральная плотность мощности альфа-ритма падает во всех 4 анализируемых отведениях в состоянии 3; а в состоянии сонливости - также уменьшается (рисунки 3в и 4в). Это позволяет сделать предварительное заключение (т.е. заключение, основанное только на рисунках 3в и 4в), что человек в состоянии 3 испытывает сонливость. Спектральная плотность мощности бета-ритма в состоянии 3 в двух отведениях возрастает в двух отведениях (Т3, Т4) и уменьшается в двух других отведениях (Fp1, Fp2); а в состоянии сонливости - уменьшается в отведениях Т3 и Т4 (рисунки 3г и 4г). Это позволяет сделать предварительный вывод (т.е. вывод, основанный только на данных рисунков 3г и 4г) о том, что в состоянии 3 человек сонливости не испытывает [4].

Изменения спектральной плотности мощности в отведениях F3, Fz, F4 при различных паттернах ЭЭГ представлены на рисунке 5. Изменения спектральной плотности мощности в отведениях F3, Fz, F4 в состоянии сонливости (депривации сна) представлены на рисунке 6.

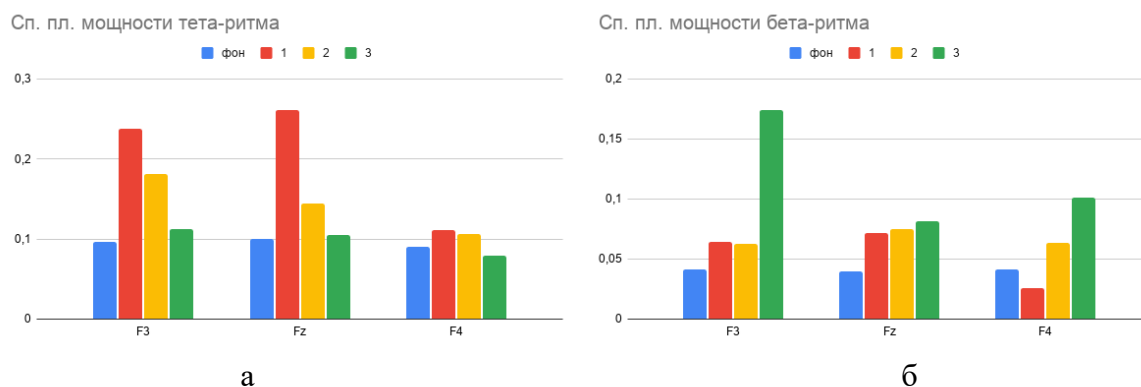


Рисунок 5. Спектральная плотность мощности тета-ритма (а) и бета-ритма (б) в отведениях F3, Fz, F4 при различных паттернах электроэнцефалограмм

В состоянии 1 наблюдается возрастание спектральной плотности мощности тета-ритма в отведениях F3, Fz, F4; а бета-ритма - в отведениях F3, Fz. В состоянии сна спектральные плотности мощности тета- и бета-ритмов возрастают в отведениях F3, Fz, F4 (рисунки 5 и 6). Это позволяет сделать предварительный вывод (т.е. вывод, основанный только на данных [5] и рисунках 5 и 6) что человек в состоянии 1 испытывает сонливость.

В состоянии 2 наблюдается возрастание спектральной плотности мощности тета-ритма и бета-ритма в отведениях F3, Fz, F4. В состоянии депривации сна спектральные плотности мощности тета и бета-ритмов растут в отведениях F3, Fz, F4 (рисунки 5 и 6). Это позволяет сделать предварительный вывод (т.е. вывод, основанный только на данных [5] и рисунках 5 и 6) что человек в состоянии 2 испытывает сонливость.

В состоянии 3 наблюдается возрастание спектральной плотности мощности тета-ритма в отведениях F3, Fz и падение - в отведении F4; а бета-ритма - рост в отведениях F3, Fz, F4. В состоянии депривации сна сп. пл. мощности тета и бета-ритмов растет в отведениях F3, Fz, F4 (рисунки 5 и 6). Это позволяет сделать предварительный вывод (т.е.

вывод, основанный только на данных [5] и рисунках 5 и 6) что человек в состоянии 3 испытывает сонливость.

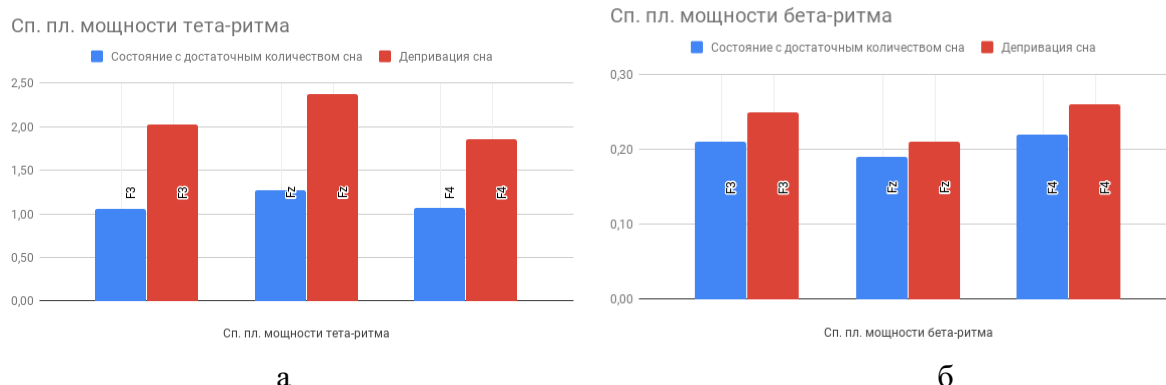


Рисунок 6. Спектральная плотность мощности тета-ритма (а) и бета-ритма (б) в отведениях F3, Fz, F4 в состоянии депривации сна [5].

Изменение спектральной плотности мощности дельта-, тета-, альфа-, бета-, гамма-ритмов при различных паттернах ЭЭГ в отведении С4 представлены на рисунке 7.

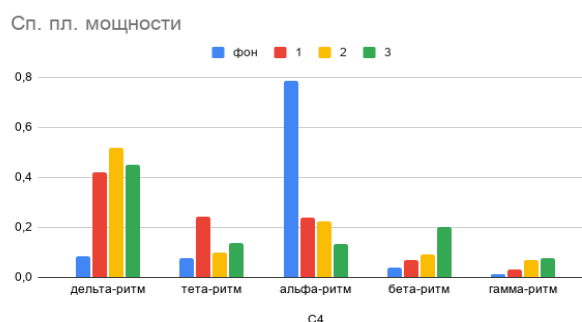


Рисунок 7. Спектральные плотности мощности в отведении С4 при различных паттернах ЭЭГ

Изменение спектральной плотности мощности дельта-, тета-, альфа-, бета-, гамма-ритмов при различных паттернах ЭЭГ в отведении Р3 представлены на рисунке 8.

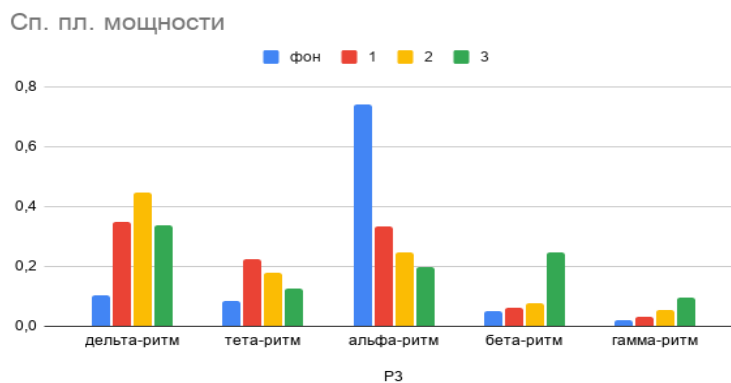


Рисунок 8. Спектральная плотность мощности в отведении Р3 при различных паттернах ЭЭГ

В состоянии сонливости (рисунок 9) дельта-ритм растет в отведениях С4 и Р3, тета-ритм падает, альфа-ритм падает, бета-ритм падает, гамма-ритм растет в этих же отведениях[6].

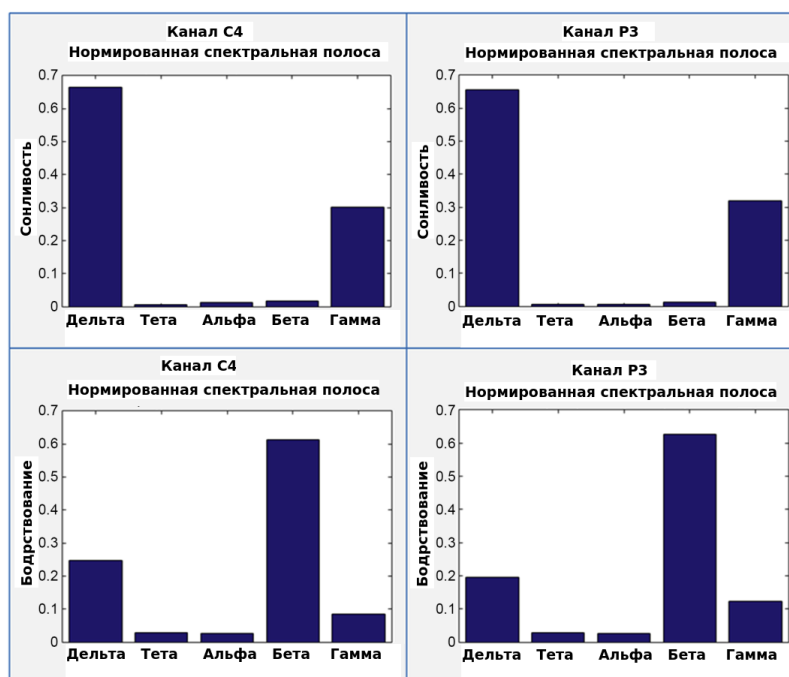


Рисунок 9. Спектральные ритмы в состоянии сонливости [6]

В состояниях 1, 2, 3 дельта-ритм растет в двух отведениях С4 и Р3 (тенденция совпадает с сонливостью), тета-ритм растет (тенденция противоположна сонливости), альфа-ритм падает (тенденция совпадает с сонливостью), бета-ритм падает (тенденция противоположна сонливости), гамма-ритм растет (тенденция совпадает с сонливостью). Данные результаты позволяют сделать предварительное заключение, что в состояниях 1, 2 и 3 человек сонливость испытывает.

В состоянии сонливости (если руководствоваться рисунком 10 и данными из работы [7]) возрастание значения выборочной энтропии наблюдается только в отведениях Fp1 и Cz, в остальных отведениях (Fp2, F3, F4, Fz, C4, C3, P4) выборочная энтропия убывает.

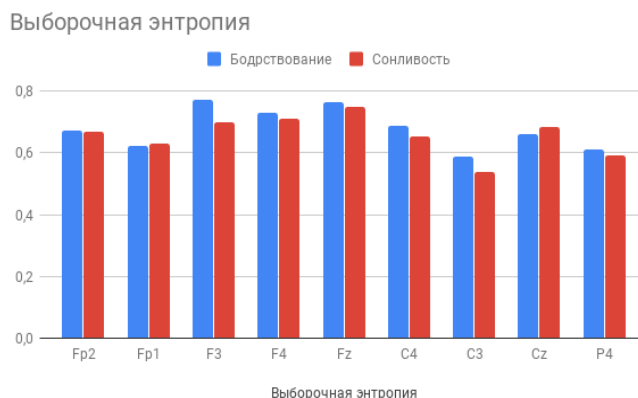


Рисунок 10. Гистограммы распределения выборочной энтропии в состоянии сонливости, определяемой в работе [7]

Изменение выборочной энтропии для отведений, представленных на рисунке 10, при различных паттернах ЭЭГ, отображено на рисунке 11.

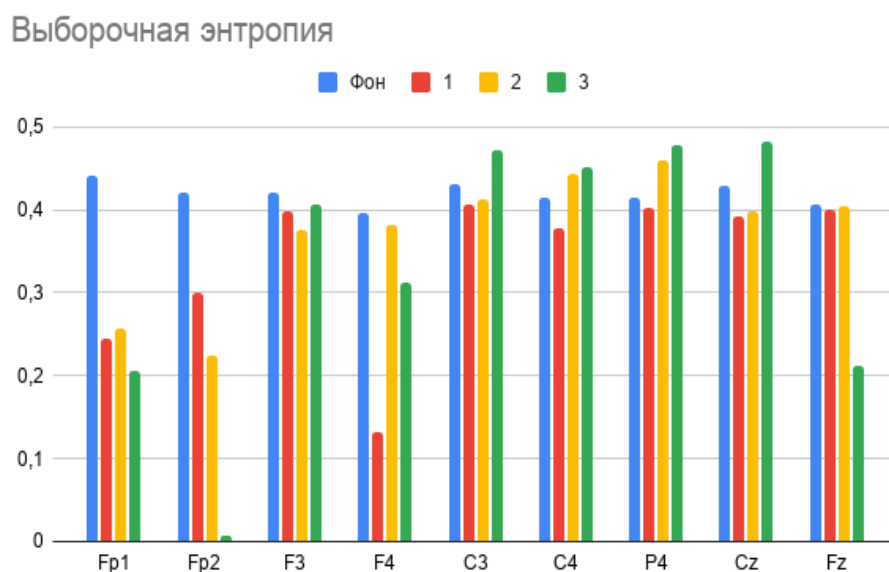


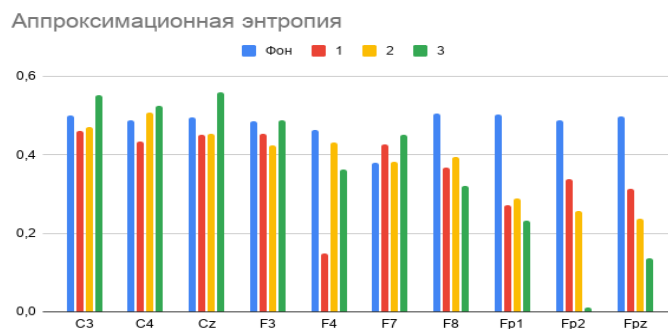
Рисунок 11. Гистограммы распределения выборочной энтропии при различных паттернах в отведениях Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, P4, Cz, Fz

В состоянии 1 тенденция изменения следующих отведений совпадает с тенденцией в состоянии сонливости: Fp2, F3, F4, C3, C4; тенденция изменения следующих отведений противоположна тенденции в состоянии сонливости: Fp1, Cz; изменения следующих отведений не превысило погрешность: P4, O1, O2, Fz. Данные закономерности позволяют сделать предварительное заключение (т.е. заключение, основанное только на рисунках 10 и 11), что человек в состоянии 1 испытывает сонливость.

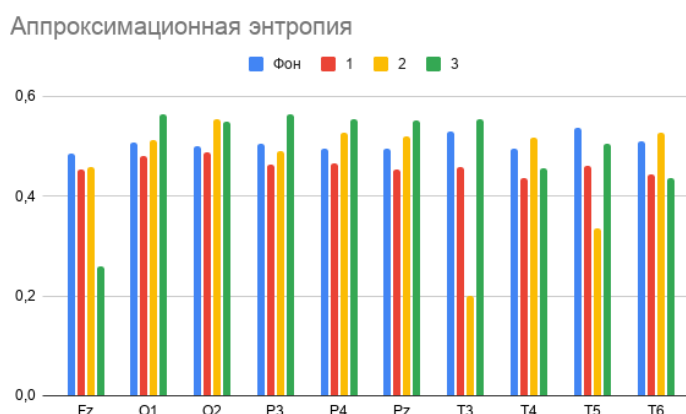
В состоянии 2 тенденция изменения следующих отведений совпадает с тенденцией в состоянии сонливости: Fp2, F3; тенденция изменения следующих отведений противоположна тенденции в состоянии сонливости: Fp1, C4, P4, O2, Cz; изменения следующих отведений не превысило погрешность: F4, C3, O1, Fz. Данные закономерности позволяют сделать предварительное заключение (т.е. заключение, основанное только на рисунках 10 и 11), что человек в состоянии 2 не испытывает сонливость.

В состоянии 3 тенденция изменения следующих отведений совпадает с тенденцией в состоянии сонливости: Fp2, F4, Cz, Fz; тенденция изменения следующих отведений противоположна тенденции в состоянии сонливости: Fp1, C3, C4, P4, O1, O2; изменения следующих отведений не превысило погрешность: F3. Данные закономерности позволяют сделать предварительное заключение (т.е. заключение, основанное только на рисунках 10 и 11), что человек в состоянии 3 не испытывает сонливость.

Изменение аппроксимационной энтропии при различных паттернах ЭЭГ представлено на рисунке 12.



а



б

Рисунок 12. Гистограммы изменения аппроксимационной энтропии во всех измеренных отведениях при различных паттернах ЭЭГ

В состоянии сонливости аппроксимационная энтропия уменьшается в отведениях Fp2, Fp1, F4, Fz, C4, C3, Cz, P4; а в отведении F3 она возрастает (рисунок 13).

В состоянии 1 аппроксимационная энтропия уменьшилась в отведениях C3, C4, Cz, F3, F4, Fp1, Fp2. Это позволяет сделать предварительное (т.е. только на основании рисунков 12 и 13 и данных из [7]) заключение о наличии сонливости у человека в состоянии 1 (тенденция изменения аппроксимационной энтропии в 1 отведении F3 противоположна сонливости, а в восьми C3, C4, Cz, F4, Fp1, Fp2 совпадает).

В состоянии 2 аппроксимационная энтропия уменьшилась в отведениях F3, C3, Cz, F4, Fp1, Fp2, Fz а в отведении P4 она возрастает. Это позволяет сделать предварительное (т.е. только на основании рисунков 12 и 13 и данных из [7]) заключение, что у человека в состоянии 2 наблюдается сонливость (тенденция изменения аппроксимационной энтропии в 2 отведениях F3, P4 противоположны сонливости, а в шести C3, Cz, F4, Fp1, Fp2, Fz совпадают).

В состоянии 3 аппроксимационная энтропия увеличивается в отведениях C3, C4, Cz, P4; а падает в отведениях F4, Fp1, Fp2, Fz. Это не позволяет сделать предварительное (т.е. только на основании рисунков 12 и 13 и данных из [7]) заключение, наблюдается ли у человека в состоянии 3 сонливость или нет (тенденция изменения аппроксимационной энтропии в 4 отведениях C3, C4, Cz, P4 противоположны сонливости, а в четырех F4, Fp1, Fp2, Fz совпадают).

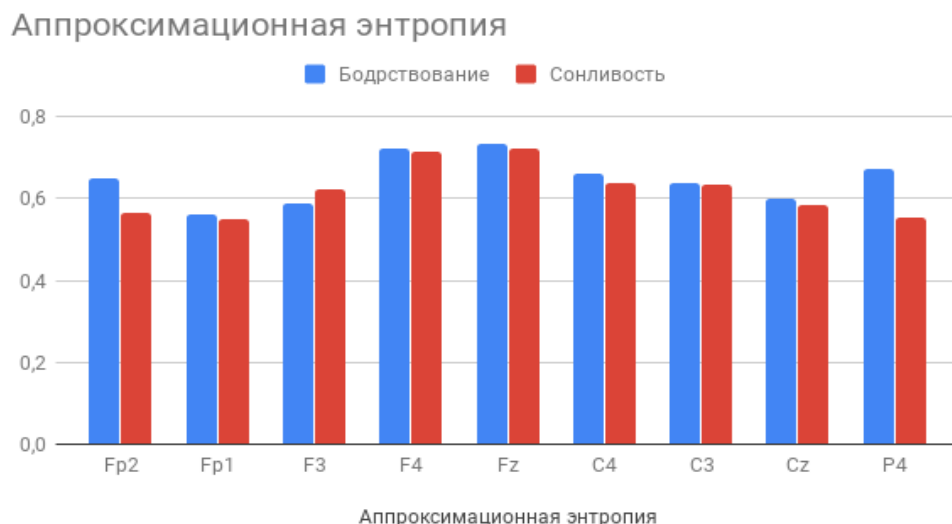


Рисунок 13. Изменение аппроксимационной энтропии в состоянии сонливости, определяемой в работе [7]

Заключение.

Дистония. Изменение спектральной плотности мощности тета-ритма по всей поверхности головы (рисунки 1 и 2), как показывают наши результаты, свидетельствует о наличии сонливости. Изменение дельта-ритма в отведениях Fp1, Fp2, T3, T4 (рисунки 3а и 4а) также подтверждает наличие сонливости. Изменение тета-ритма в отведениях Fp1, Fp2, T3, T4 (рисунки 3б и 4б) говорит о наличии сонливости. Изменение альфа-ритма в отведениях Fp1, Fp2, T3, T4 (рисунки 3в и 4в) говорит о наличии сонливости. Изменение бета-ритма в отведениях Fp1, Fp2, T3, T4 (рисунки 3г и 4г) подтверждает о наличие сонливости. Изменение еще двух параметров - спектральной плотности мощности бета-ритма и тета ритма - говорит о наличии сонливости (рисунки 5 и 6). Изменение спектральной плотности мощности в отведениях C4 и P3 говорит о наличии сонливости (рисунки 7-9). Изменение выборочной энтропии в отведениях Fp2, Fp1, F3, F4, Fz, C4, C3, P4 говорит о наличии сонливости (рисунки 10 и 11). Изменение аппроксимационной энтропии (рисунки 12 и 13) говорит о наличии сонливости.

Резюмируя, можно сказать, что все вышеуказанные параметры говорят о наличии сонливости.

Рассеянный склероз. Изменение спектральной плотности мощности тета-ритма по всей поверхности головы при наличии рассеянного склероза (рисунки 1 и 2) говорит о наличии сонливости. Изменение дельта-ритма в отведениях Fp1, Fp2, T3, T4 (рисунки 3а и 4а) говорит о наличии сонливости. Изменение тета-ритма в отведениях Fp1, Fp2, T3, T4 (рисунки 3б и 4б) свидетельствует о наличии сонливости. Изменение альфа-ритма в отведениях Fp1, Fp2, T3, T4 (рисунки 3в и 4в) говорит о наличии сонливости. Изменение бета-ритма в отведениях Fp1, Fp2, T3, T4 (рисунки 3г и 4г) не позволяет говорить о наличии или отсутствии сонливости. Изменение еще двух параметров - спектральной плотности мощности бета-ритма и тета ритма – свидетельствует о наличии сонливости (рисунки 5 и 6). Изменение спектральной плотности мощности в отведениях C4 и P3 говорит о наличии сонливости (рисунки 7-9). Изменение выборочной энтропии в отведениях Fp2, Fp1, F3, F4, Fz, C4, C3, P4 говорит об отсутствии сонливости (рисунки 10 и 11). Изменение аппроксимационной энтропии (рисунки 12 и 13) говорит о наличии сонливости.

В результате проведенных исследований паттернов электроэнцефалограмм при рассеянном склерозе один из параметров опровергает сонливость, а 7 подтверждают, что позволяет сделать заключение о наличии сонливости.

Пароксизмальное состояние неуточненного генеза. Изменение спектральной плотности мощности тета-ритма по всей поверхности головы (рисунки 1 и 2) говорит о наличии сонливости. Изменение дельта-ритма в отведениях Fp1, Fp2, T3, T4 (рисунки 3а и 4а) говорит о наличии сонливости. Изменение тета-ритма в отведениях Fp1, Fp2, T3, T4 (рисунки 3б и 4б) не позволяет говорить о наличии или отсутствии сонливости. Изменение альфа-ритма в отведениях Fp1, Fp2, T3, T4 (рисунки 3в и 4в) говорит о наличии сонливости. Изменение бета-ритма в отведениях Fp1, Fp2, T3, T4 (рисунки 3г и 4г) говорит об отсутствии сонливости. Изменение еще двух параметров - спектральной плотности мощности бета-ритма и тета ритма - говорит о наличии сонливости (рисунки 5 и 6). Изменение спектральной плотности мощности в отведениях C4 и P3 говорит о наличии сонливости (рисунки 7-9).

Изменение выборочной энтропии в отведениях Fp2, Fp1, F3, F4, Fz, C4, C3, P4 говорит об отсутствии сонливости (рисунки 10 и 11). Изменение аппроксимационной энтропии (рисунки 12 и 13) не позволяет говорить о наличии или отсутствии сонливости. Т.е. 6 параметров подтверждают сонливость, 1 опровергает, а 2 – не дают однозначного результата, что позволяет сделать заключение о наличии сонливости в состоянии пароксизмального состояния неуточненного генеза.

Список использованных источников

- [1] Комплексы компьютеризированные для анализа и картирования электрической активности головного мозга "Нейрокартограф-01-МБН" : приложение к свидетельству 40226 Российская Федерация, ТУ 9441-012-26458937-01 / Б.И. Леонов, А.В. Пироженов; Научно-медицинская фирма МБН – № 28235-10; 12.07.2010 // Государственный реестр средств измерений – 2010. – С. 3.
- [2] Сидоренко, А.В. Методы информационного анализа биоэлектрических сигналов / А.В. Сидоренко. - Мн.: БГУ, 2003. - 187 с.
- [3] EEG-based Mental Fatigue Detection by Spectral Non-negative Matrix Factorization / Lili Li [et al.] // Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc, Orlando, 16-20 Aug. 2016. - Orlando, 2016. - P. 3716-3719.
- [4] Determination of optimal electroencephalography recording locations for detecting drowsy driving / Chaofei Zhang [et al.] // IET Intelligent Transport Systems. - 2018. - Vol. 12. - P. 345-350.
- [5] Jinxiao Zhang, Sleep deprivation compromises resting-state emotional regulatory processes: An EEG study / Jinxiao Zhang, Esther Yuet Ying Lau, Janet H. Hsiao // J Sleep Res. - 2018. - Vol. 28. - P. 1-8.
- [6] Julia Shen, Real-Time Detection of Human Drowsiness via a Portable Brain-Computer Interface / Julia Shen, Baiyan Li, Xuefei Shi // Open Journal of Applied Sciences. - 2017. - Vol. 7, №3. - P. 98-113.
- [7] Classifying Driving Fatigue Based on Combined Entropy Measure Using EEG Signals / Yijun Xiong [et al.] // International Journal of Control and Automation. - 2016. - Vol. 9, №3. - P. 329-338.

ANALYSIS OF DROWSINESS IN MEN IN VARIOUS PATHOLOGIES

A.V. SIDORENKO,

A professor of Belarusian State University

M.A. SALADUKHA,

A senior teacher in Belarusian State University

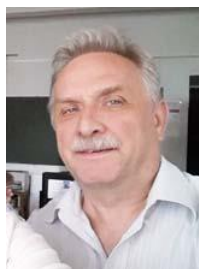
*Belarusian State University, Republic of Belarus
E-mail: sidorenkoa@yandex.ru*

Abstract. Following pathologies, representing various EEG patterns, were experimentally investigated: dystonia, multiple sclerosis, paroxysmal condition of unspecified genesis. Male human patients were analyzed. Electroencephalograms in standard leads have been analyzed. Quantitative parameters of drowsiness in analyzed patterns of electroencephalograms, were represented by power spectral density of rhythmic components of the brain, sample entropy and approximate entropy. Drowsiness was observed in every analyzed patterns.

Keywords: electroencephalogram, EEG patterns, human, drowsiness, dystonia, multiple sclerosis.

УДК 004.93

МОДЕЛЬ НЕЙРОПОДОБНОЙ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В ПАРАДИГМЕ ВЕКТОРНОЙ ПСИХОФИЗИОЛОГИИ



В.В. Храбров

научный сотрудник ОИПИ
НАН Беларуси



В.В. Ткаченко

зав. лабораторией, канд. техн. наук, доцент,
ОИПИ НАН Беларуси

Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси
E-mail: tkach@newman.bas-net.by

В.В. Храбров

Окончил Белорусский государственный университет, факультет радиофизики (1974-1979). Область интересов – цифровые методы и средства радиоэлектроники в системах обработки медикобиологических сигналов.

В.В. Ткаченко

Выпускник факультета автоматизации и вычислительной техники Минского радиотехнического института (1971-1976). С 1976 года сотрудник, а с 2006 года заведующий лабораторией компьютерной графики НАН Беларуси.

Аннотация. Разработана модель адаптивной системы распознавания сложных сигналов с обучением, которая отвечает требованиям распараллеливания при решении задач обработки больших объемов данных на грид-вычислителях. Алгоритм работы системы дает повышение качества распознавания за счет модификации распознающих эталонов и анализируемых сигналов таким образом, что подавляет несущественные компоненты, которые присутствуют в обучающих и анализируемых сигналах, но не связаны с анализируемыми состояниями объекта.

Ключевые слова: распознающий эталон, нейромоторная подсистема, командный нейрон, сферическая модель, скалярное произведение, тензор.

Введение.

Особенностью сферической модели [1] векторного описания механизмов работы нейронной системы в отличие от моделей Мак-Каллока – Питца, Розенблата и др. является использование базовой выходной функций нейрона в виде скалярного векторного произведения в ответ на появление на его синаптических входах сигнала, компоненты вектора которого представлены некоторым множеством отсчетов в многомерном пространстве признаков этого сигнала.

Далее рассматривается возможный порядок построения нейроподобной системы в парадигме векторной модели по Е.Н. Соколову, опирающийся на теорию построения радиотехнических устройств обработки дискретных сигналов.

Локальный нейроанализатор.

Пусть множество сигналов $s'(x_k, t)$ образует линейное вещественное пространство отсчетов векторного сигнала $S(k)$ через интервалы времени Δ [2]

$$s'(x_k, t) = \Delta \sum_{i=-\infty}^{\infty} S \delta(t - i\Delta), \quad (1)$$

где $\delta(t - i\Delta)$ – функция Дирака: $\int_{-\infty}^{\infty} \delta(t) dt = 1$.

Введем обозначения на примере математической модели системы распознавания, в которой анализируемые и обучающие определены в виде векторных величин:

- \mathbf{a}_i – анализируемые выборки S^{\sim} , представленные множествами отсчетов $k_i, k_i+1, k_i+2, k_i+3, \dots, k_i+A-1$ из сигнала $s'(x)$ (i – порядковый номер распознаваемой выборки, A – количество отсчетов, анализируемых в процессе распознавания);

- ${}^m\mathbf{t}_j$ – обучающие выборки S° , представленные множествами $k_j, k_j+1, k_j+2, k_j+3, \dots, k_j+B-1$ отсчетов из сигнала $s'(x)$, где m – индекс класса ($m = 1, 2, 3, \dots, M$), к которому принадлежит обучающая выборка (j – порядковый номер обучающей выборки, B – количество отсчетов, анализируемых в процессе формирования распознающих эталонов, (далее с целью упрощения демонстрации общего принципа полагается $A = B$);

- ${}^m\mathbf{r}$ – распознающий эталон для класса m ($m = 1, 2, 3, \dots, M$);

- \mathbf{c} – средневзвешенный (обобщенный или корректирующий, оптимизирующий) эталон:

$$\mathbf{c} = (1/M) \sum_1^M {}^m\mathbf{r}. \quad (2)$$

Нормализованные векторы, соответствующие введенным выше, обозначим теми же символами со звездочкой *: $\mathbf{a}^*, \mathbf{t}^*, \mathbf{r}^*, \mathbf{c}^*$.

Нормализация любого из этих векторов выполняется согласно формуле

$\mathbf{x}^* = \mathbf{x} / \sqrt{(\mathbf{x}, \mathbf{x})} = \mathbf{x} / \|\mathbf{x}\|$, где $\|\mathbf{x}\|$ – норма (модуль) соответствующего вектора, а символы $(,)$ означают скалярное произведение.

Распознающий эталон можно определять как средневзвешенный вектор в пределах действия его класса через выражение (2) в виде:

$${}^m\mathbf{r} = (1/b) \sum_0^{b-1} {}^m\mathbf{t}.$$

Более эффективным является правило, которое позволяет учесть ранжирование обучающих выборок по приоритету:

$${}^m\mathbf{r}_j = \alpha {}^m\mathbf{t}_j^* + \beta {}^m\mathbf{r}_{j-1}^* \quad (3)$$

где ${}^m\mathbf{r}_0 = 0$ для любых m ; $\alpha = j^{-1}({}^m\mathbf{t}_j^*, {}^m\mathbf{r}_{j-1}^*)$; $\beta = 1 - \alpha$.

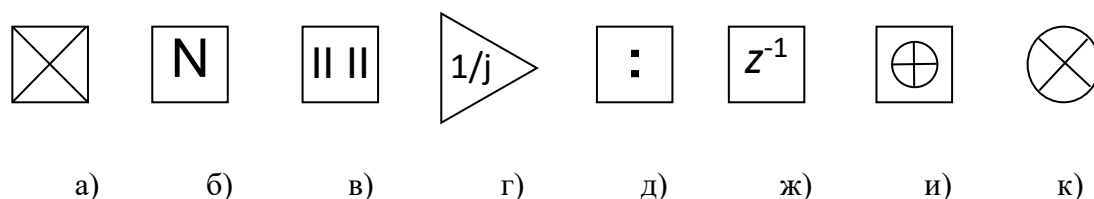
Выражение (3), опуская для упрощения записи индекс m , можно записать также в виде

$$\mathbf{r}_j = \alpha \mathbf{t}_j^* + \beta \mathbf{r}_{j-1}^*, \mathbf{r}_j = \mathbf{r}_{j-1}^* + j^{-1}(\mathbf{t}_j^*, \mathbf{r}_{j-1}^*)(\mathbf{t}_j^* - \mathbf{r}_{j-1}^*) \quad (4)$$

На этапе распознавания сигнала вычисляются оценки корреляции выбираемых его фрагментов (выборок i) с каждым из распознающих эталонов через вычисление скалярных произведений $(\mathbf{a}^*, {}^m\mathbf{r}^*)$, после сравнения результатов из M вычислений анализируемый сигнал присоединяется к классу с индексом m , соответствующим наибольшему значению среди сравниваемых оценок.

На рисунках 1, 2 и 3 представлены модели формирования эталонов и распознавания сигналов приведены в виде структурно-функциональных схем. Эти схемы демонстрируют соответствующие алгоритмы, которые могут быть реализованы как программно, так в виде специализированного процессора на быстродействующей элементной базе.

Согласно сферической когнитивной парадигме (цитаты здесь и далее из [1] стр.582-583) «внешние объекты кодируются комбинациями возбуждений нейронов-преддетекторов, образующими векторы возбуждения, равные по своей длине», т. е. –согласно введенным



а) – умножение вектора на скаляр; б) – нормализация; в) – вычисление нормы (модуля); г) – умножение на коэффициент; д) – деление двух величин; ж) – звено задержки, выбор значений на предыдущем шаге вычислений; и) – сумма векторов; к) – скалярное произведение векторов

Рисунок 1. Графические обозначения функциональных звеньев

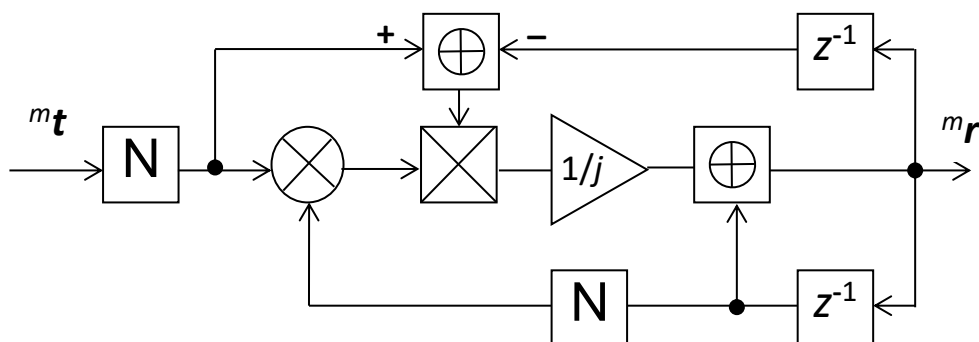


Рисунок 2. Схема формирования распознающих эталонов

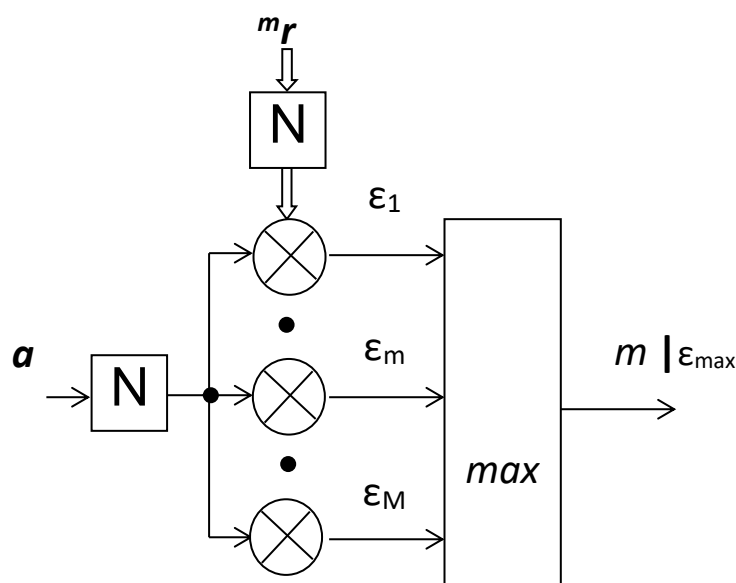


Рисунок 3. Схема распознавания сигнала без коррекции

выше обозначениям – векторы анализируемого сигнала A . «Нейроны-детекторы,

образующие сферическую поверхность, обладают разными комбинациями синаптических контактов (синаптических весов)». Согласно введенным обозначениям синаптические веса задаются векторами распознающих эталонов r . «Каждый нейрон-детектор умножает приходящие к нему возбуждения преддетекторов на соответствующие веса синаптических контактов и суммирует эти произведения. Тем самым он формально реализует операцию скалярного произведения двух векторов», чему соответствует схема, показанная на рисунке 3 и представляющая вместе с локальным участком рецептивного пространства «локальный анализатор».

Последующая обработка сигнала предусматривает сравнение скалярных произведений векторов между собой через «...измерение межстимульных различий как абсолютных значений векторных разностей. При замене одного стимула другим вектор возбуждения преддетекторов, созданный первым стимулом, вычитается из вектора возбуждения, определяемого вторым стимулом. Абсолютная величина этой векторной разности образует отдельный нейронный канал, определяющий величину субъективного различия, амплитуду вызванных потенциалов и время реакции (обнаружения) момента смены стимула.» В таком объеме словесное описание системы обработки нейросигнала не раскрывает однако принцип кодирования «номером канала» и порядок взаимодействия «отдельных нейронных каналов», не содержит строгого математического базиса и не дает ключей для прямого переноса этого механизма на его технический аналог. При всем том, что сферическая модель имеет широкое эмпирическое обоснование, подтверждающее воспроизводимые в различного вида психофизиологических экспериментах линейные зависимости величины субъективного различия от косинуса угла между радиус-вектором возбуждения и радиус-вектором синаптических связей при нормированных значениях этих векторов, остаются вопросы, затрудняющие построение бионической модели. Ограничивается ли процесс сравнением двух соседних по времени стимулов (первой разностью сигнала) и на какую глубину по времени и памяти необходимо рассчитывать ресурсы технической системы? Какие «мгновенные» операции необходимо реализовать для фильтрации шума и помех, формирования пороговых функций и функций сортировки для определения экстремумов – максимальных значений векторных разностей? Каким образом осуществляется оптимизирующая настройка и коррекция синаптических связей селективных детекторов?

Локальный анализатор с оптимизирующей коррекцией

В технических системах формирование решения о предполагаемом состоянии объекта в процессе распознавания (классификация) связано с преодолением ряда трудностей. В реальном сигнале могут присутствовать компоненты, определяющие медленное со временем изменение формы сигнала, в том числе дрейф постоянной составляющей, или аддитивный шум, на фоне которых выделение информативных признаков может быть затруднено из-за близости значений оценок. С одной стороны, следствием слабой различимости оценок может быть недостаточная достоверность отнесения анализируемых сигналов к тому или другому классу, а с другой стороны, отсутствие динамической подстройки распознающих эталонов в соответствии с медленным дрейфом формы самих сигналов может привести к неправильному результату распознавания.

С целью снижения влияния указанных компонент и подавления несущественных для правильного распознавания компонент распознающие эталоны и анализируемые сигналы перед оцениванием могут подвергаться предварительной обработке по следующему правилу:

$$r_k = r^* - (r^*, c^*) c_i \quad \text{и} \quad a_k = a^* - (a^*, c^*) c . \quad (5)$$

Тогда сама оценка осуществляется на текущем шаге обработки i -ой выборки сигнала по следующему правилу:

$$\varepsilon_k = (\mathbf{r}_k^*, \mathbf{a}_k^*) n^R/n^A, \quad (6)$$

где коэффициенты n^R и n^A вычисляются по формулам:

$${}^m n^R_i = n^{R_{i-1}} \|\mathbf{r}_i\|; \quad n^A_i = n^{A_{i-1}} \|\mathbf{a}_i\| \quad (7)$$

со значения для начального шага ${}^m n^R_0 = n^A_0 = 1$.

Формулу (6) можно также записать в виде:

$$\varepsilon_k = (\mathbf{a}^*, \mathbf{r}^*) {}^m N_i, \quad (8)$$

где ${}^m N_i = \|\mathbf{r}_i\| / \|\mathbf{a}_i\|$ при ${}^m N_0 = 1$.

Согласно формуле (5) алгоритм распознавания с оптимизирующей коррекцией может быть представлен структурно-функциональной схемой, приведенной на рисунке 4. Распознающие эталоны, сформированные по схеме рисунка 2 последовательным усреднением (4) нормированных сигналов с учетом коэффициента α коррекции распознающего эталона и коэффициента β сохранения распознающего эталона, в дальнейшем модифицируются (оптимизируются) с целью выделения существенных компонент и подавления несущественной компоненты

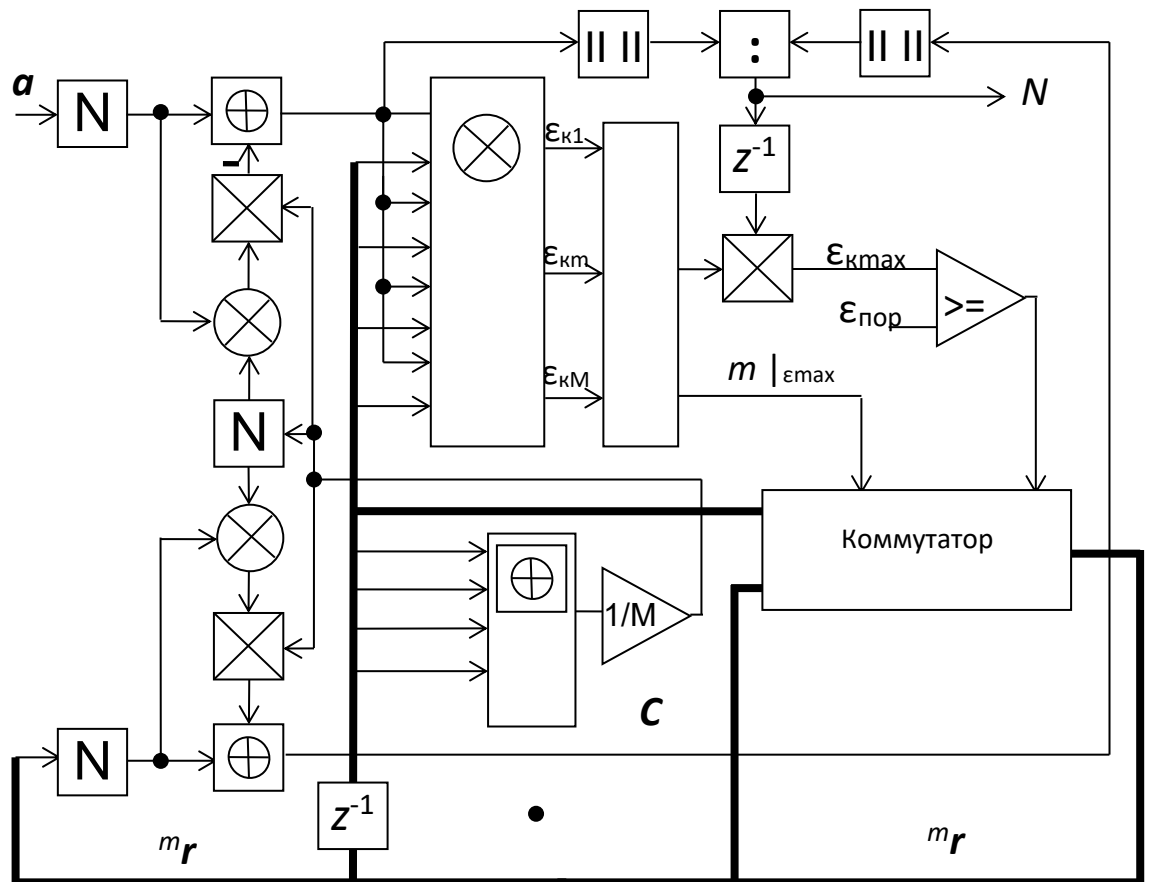


Рисунок 4. Схема системы распознавания сигнала оптимизирующей коррекцией сигналов и эталонов (графические обозначения в соответствии с рисунком 1)

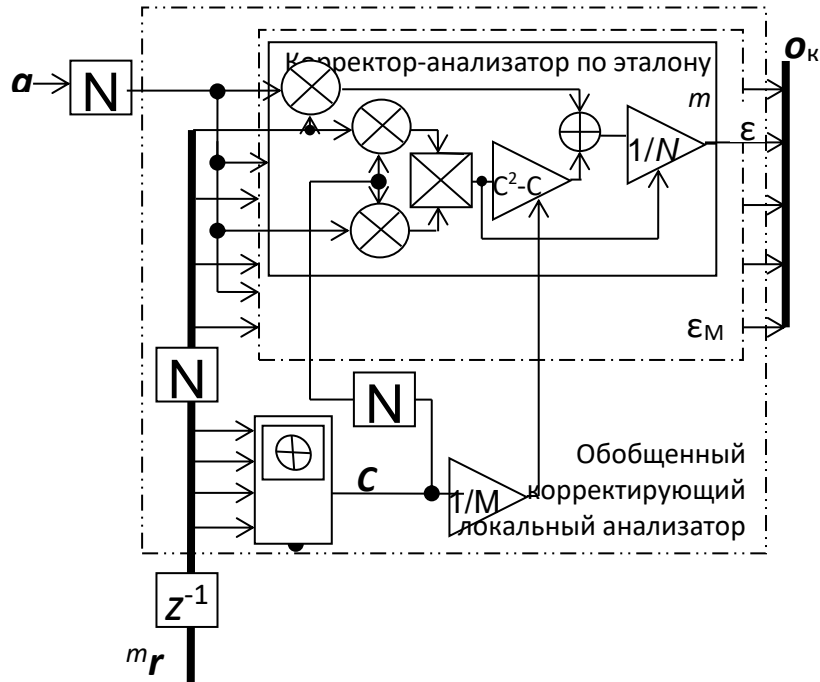


Рисунок 5. Схема системы распознавания сигнала с корректирующим анализатором (вариант2)

Все основные операции в системе распознавания представляют собой линейные преобразования, "вытягивающие" из распознающих эталонов и анализируемых сигналов полезную информацию с точки зрения различения состояний объекта. Такое "вытягивание" имеет мягкий характер, т.к. осуществляется с помощью неполного подавления несущественной компоненты эталона или сигнала в процессе адаптации. Степень подавления этой компоненты определяется нормой или достоверностью корректирующего эталона. При перенормировке энергия существенных компонент сигнала увеличивается пропорционально степени подавления несущественной компоненты. Критерий достоверности распознавания состояния объекта или принятие решения о неудаче распознавания формулируется на основе сравнения между собой и с пороговым уровнем оценок состояний объекта. В двусмысленных ситуациях, т. е. когда некоторые полученные оценки трудно различимы, требуется дополнительная модификация анализируемого сигнала относительно выделенных распознающих эталонов, соответствующих состояниям, получившим оценки выше порога распознавания.

Выражение для вектора \mathbf{o}_k , получаемого на i -ом шаге оценок ϵ_k (8), который имеет размерность M , с учетом оптимизирующей коррекции (5) эталонных и анализируемого сигналов можно также записать в виде

$$\mathbf{o}_k = (\mathbf{r}_k^*, \mathbf{a}_k^*) {}^m N_i = [(\mathbf{r}^*, \mathbf{a}^*) + (\mathbf{r}^*, \mathbf{c}^*)(\mathbf{a}^*, \mathbf{c}^*)(\|\mathbf{c}\|^2 - \|\mathbf{c}\|)] {}^m N, \quad (9)$$

Соответствующая схема локального анализатора с корректирующими звеньями будет выглядеть как показано на рисунке 5.

Основной элементарной операцией всех преобразований по такой схеме является операция скалярного произведения в Евклидовом векторном пространстве сигналов и эталонов, которая выполняет роль сравнения распознаваемых сигналов с эталонами, хранящимися в памяти устройства распознавания. Эта же операция является основой механизма нормирования, т. е. приведения всех сигналов и эталонов к единой шкале измерения (сравнения в диапазоне действительных значений от -1 до +1). Существенной новой операцией является модификация нормированных эталонов и сигналов таким образом, что несущественные компоненты, которые присутствуют в обучающих и анализируемых сигналах, но не связаны с анализируемыми состояниями объекта, исключаются из рассмотрения.

При формировании и коррекции распознающих эталонов усреднение нормированных обучающих сигналов о состоянии объекта позволяет получить распознающие эталоны, нормированные на свою достоверность. Суть трактовки нормы эталона как его достоверности заключается в том, что норма усредненных нормированных сигналов всегда дает положительную величину, меньшую единицы, которая характеризует степень разброса обучающих сигналов (чем меньше величина достоверности, тем больше разброс). Иначе говоря, величину нормы усредненных нормированных сигналов можно характеризовать как оценку достоверности процесса обучения или как оценку достоверности сформированного таким способом распознающего эталона. Распознающий эталон, нормированный на свою достоверность, входит в формулы, описывающие процессы обучения, адаптации и распознавания.

Понятие оценки достоверности как величины нормы применимо не только к распознающим эталонам, но и к корректирующим эталонам, поскольку корректирующий эталон строится путем усреднения нормированных распознающих эталонов, так же как и каждый распознающий эталон строится через усреднение нормированных обучающих сигналов. Таким образом, корректирующий (оптимизирующий) эталон также нормирован на свою достоверность.

Однако роль распознающего и корректирующего эталонов, как и интерпретация их достоверности, в системе анализа сигналов различна. Распознающий эталон получают в процессе обучения в результате усреднения нормированных обучающих сигналов, т.е. сигналов, относящихся к объекту, состояние которого известно. Поэтому распознающий эталон – это представитель конкретного состояния объекта в памяти системы анализа сигналов. Достоверность распознающего эталона, представленная его нормой – это оценка точности, или степени размытости представления соответствующего состояния в виде усреднения нормированных обучающих сигналов.

Корректирующий эталон получают путем усреднения дополнительно нормированных распознающих эталонов. Поэтому в нем стерты как различия между состояниями объекта, так и информация о достоверности каждого из распознающих эталонов. Корректирующий эталон представляет собой несущественную компоненту, которая всегда заведомо присутствует в сигнале, но не различает требуемые состояния. Поскольку эта компонента несет определенную энергию сигнала, то ее присутствие во всех первоначальных некорректированных распознающих эталонах и анализируемых сигналах снижает достоверность распознавания. Снижение достоверности распознавания без адаптирующей коррекции заключается в том, что если различие между распознающими эталонами невелико, то оценки принадлежности состояниям объектов для разных классов анализируемых сигналов всегда будут близки к единице. Случайные шумы способны исказить эти оценки, что может привести к ложному результату распознавания. Сами величины оценок при распознавании без адаптирующей коррекции ничего не говорят о достоверности результата распознавания, они заведомо завышены, хотя максимальная оценка более вероятно представляет истинное состояние объекта.

В процессе адаптации из каждого распознающего эталона и анализируемого сигнала исключается несущественная компонента, представленная корректирующим эталоном. После адаптирующей коррекции в процессе распознавания сравниваются между собой энергии компонент анализируемых сигналов и распознающих эталонов, непосредственно имеющих отношение к определенным ранее состояниям объекта. При этом автоматически учитывается энергия шума: процесс адаптации не снижает уровня шума в анализируемом сигнале, но приводит к тому, что энергия шума, сравнимая с энергией существенной компоненты анализируемого сигнала, снижает оценку сравнения модифицированных эталонов и сигналов. Такое снижение оценки пропорционально соотношению $C/(C+Ш)$, где C – энергия существенной компоненты, представляющей состояние объекта, а $Ш$ – энергия случайного шума. Иначе говоря, адаптация позволяет учесть реальный вклад шума в оценку распознавания состояния объекта: шум способствует снижению этой оценки.

Достоверность корректирующего эталона – это интегральная оценка степени подобия состояний объекта, представленных распознающими эталонами. Чем выше его достоверность, тем более оправдана различимость состояний объекта, представленных распознающими эталонами.

Модель локального регуляторного звена рефлекторной дуги

В реализации цифровых систем распознавания решение задач классификации занимает значительную долю времени, так как несмотря на относительно простую логику определения экстремумов требует некоторое число тактов последовательной обработки при сортировке и сравнении данных о характеристиках сигнала. Хотя в рамках векторного подхода сферическая парадигма акта восприятия проверялась главным образом не на задачах распознавания «что» и «где» находится, а на различении стимулов и обнаружении существенных изменений в среде (стр. 652), этот подход содержит важное для построения бионических систем обобщение о том, «что сигналы преддетекторов конвергируют не только на детекторы, но и на командные нейроны, управляющие поведением. Реакция командного нейрона становится равна скалярному произведению вектора возбуждения преддетектора на вектор пластичных синаптических весов командного нейрона... Командный нейрон становится функциональным детектором условного стимула.» (стр.44). Эта «подсказка» позволяет, дополнив введенные выше векторные переменные новыми, расширить схему цифровой системы распознавания сигнала моделью нейромоторной подсистемы как показано на рисунке 6. В этой схеме показаны три информационных уровня, на каждом из которых обработка сигнала выполняется с использованием функций скалярного произведения локального анализатора по схеме на рисунке 3 (или 5) в соответствии со следующими обозначениями:

- a – сигнал рецепции, вектор с размерностью A ;
- r – распознающие эталоны, M «штук», вектор с размерностью A ;
- o – вектор оценки, размерность M ;
- d – векторы действий, размерность M ;
- p – вектор моторной команды («номер канала»), размерность Q ;
- g – векторы жестов, движений (локомоции), размерность Q ;
- h – конкретное движение (жест, мышечное напряжение), размерность N .

Анализ схемы локального регуляторного звена показывает, что базовый элемент в этой схеме представляет собой звено унитарных преобразований в линейном векторном пространстве. Эти преобразования инвариантны и сохраняют скалярное произведение, сложение векторов, умножение векторов на скаляр, норму векторов, расстояния, углы, ортогональность и ортонормированность. Переходная функция звена может быть записана в матричном виде

$$y = F x, \quad (10)$$

где u и x – выходной и входной векторы; а F – в общем случае прямоугольная матрица, элементы которой определяются соответственно: набором эталонов сравнения r заданного локального рецептивного поля, соответствующего этому полю набором нейро-моторных команд d и соответствующих им комбинациям нейронов-активаторов g мышечных усилий h , в зависимости и с учетом наличия и отсутствия тех или иных корректирующих действий в процессе преобразований, обновления и сохранения в кратковременной или долговременной памяти векторных величин синаптических связей того или иного детектора.

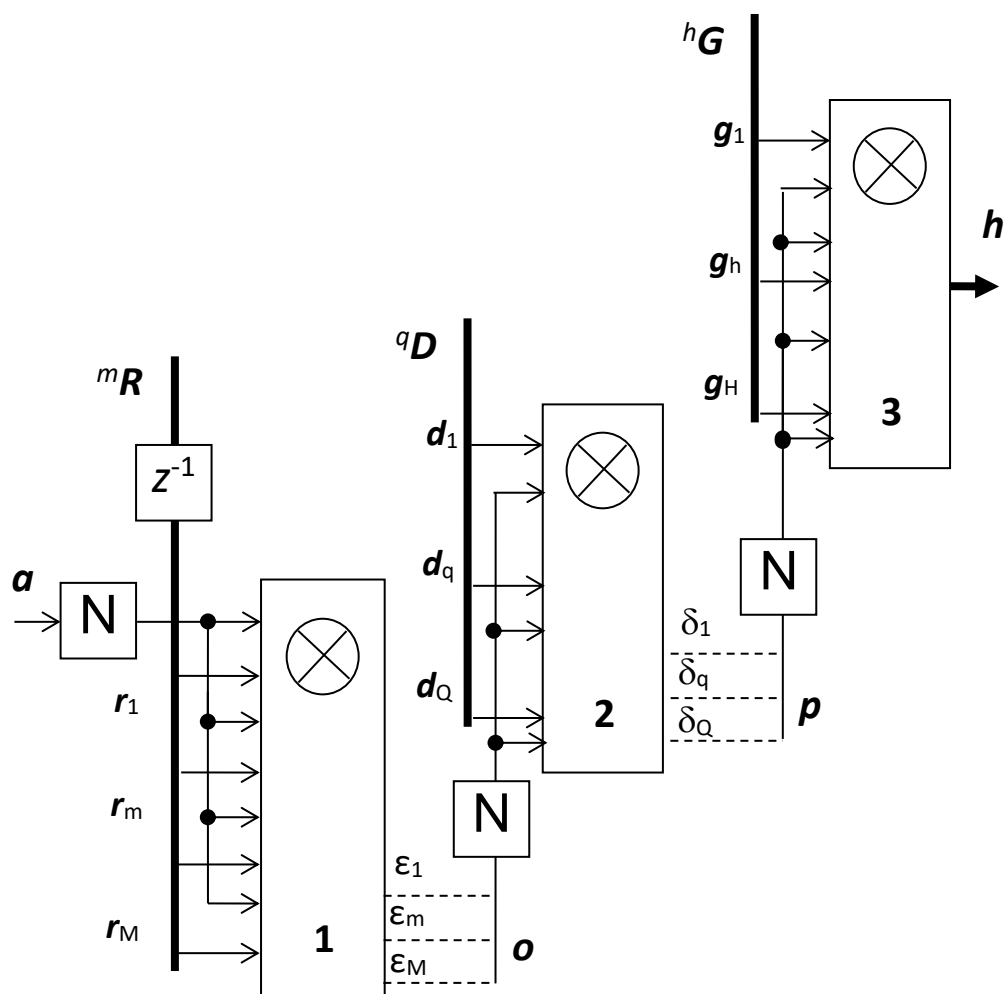


Рисунок 6. Схема локального регуляторного звена для нейроподобной подсистемы рефлекторной дуги

Схема анализатора на рисунке 6 может быть дополнена и другими уровнями, как более высокого, вплоть до когнитивного, так и менее высокого порядка, например, связывающим нейроны-активаторы g и мышечные усилия h через локальное рецептивное поле детекторов, относящихся к создаваемым этими мышцами физическим напряжениям, деформациям или движениям.

Кроме матричной записи (10) функциональная зависимость, связывающая выходы детекторов локального анализатора с его входами, может быть выражена в более компактном виде с привлечением тензорной алгебры. Согласно правилам и условиям

применимости тензорного исчисления синаптические связи нейронов-детекторов характеризуются тензорами второго ранга. Обозначив соответствующие тензоры прописными буквами ${}^{(2)}\mathbf{R}$, ${}^{(2)}\mathbf{D}$ и ${}^{(2)}\mathbf{G}$ (где индекс в скобках означает порядок тензора), выражение для зависимости выхода локального регуляторного звена от входного стимула без учета функций оптимизирующих коррекций (рисунок б), можно записать в виде:

$$\mathbf{h} = {}^{(2)}\mathbf{G} {}^{(2)}\mathbf{D} {}^{(2)}\mathbf{R} \mathbf{a}. \quad (11)$$

При учете корректирующих функций математическая запись приобретет более сложный вид, однако выражение (11), в котором диадные произведения трех тензоров дают тензор восьмого порядка, показывает, что тензорная алгебра позволяет строить модели нейроподобных систем и с обратными связями и с большим количеством уровней обработки сигналов. Наряду с квантовоподобными и голографическими моделями нейросистем тензорные модели предоставляют расширенный математический формализм и могут служить эффективным инструментом для исследования когнитивных процессов в психофизиологии.

Заключение

Разработана модель адаптивной системы распознавания многоспектральных сигналов с обучением по образцам анализируемого сигнала, на основе которых система формируется распознающие эталоны. Структурно-функциональная схема, в которой реализуется алгоритм работы системы, обеспечивает повышение качества распознавания за счет модификации распознающих эталонов и анализируемых сигналов таким образом, что подавляет несущественные компоненты, которые присутствуют в обучающих и анализируемых сигналах, но не связаны с анализируемыми состояниями объекта.

Алгоритм основан на обработке данных в виде операций над векторами, имеет линейную алгоритмическую сложность и благодаря этому может быть реализован на вычислителях с параллельной архитектурой: в распределенных грид-системах, на структурах программируемых логических интегральных схем, на языках параллельного программирования CUDA, OpenCL для персональных компьютеров с графическим параллельным процессором, а также современных версиях языка C++.

Список использованных источников

- [1] Соколов Е.Н. Принцип векторного кодирования в психофизиологии / Е.Н. Соколов. Вестник МГУ, серия 14. Психология, №4, 1995. – С. 3 – 13.
- [2] Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы. – 2-е изд., перераб и доп. / С. И. Баскаков. М. : Высш. Шк., 1988. – 448 с.

IMITATION OF INTELLECTUAL ACTIVITY IN THE BIG DATA ENVIRONMENT

V.V. KHRABROV
*Research Associate,
UIIP NASB*

V.V. TKACHENKO,
*Head of the Laboratory, Candidate of Technical
Sciences, Associate Professor*

*United Institute of Informatics Problems of the National Academy of Sciences of Belarus
E-mail: tkach@newman.bas-net.by*

Abstract. A model of an adaptive system for pattern recognizing complex signals with training has been developed. Embodiment of the model meets requirements of parallelization when solving problems on grid computers. The algorithm gives an improvement quality of recognition by modifying the recognition patterns and the analyzed signals in such a way that suppresses the non-essential components that are present in the training and analyzed signals, but are not related to the analyzed states of the object.

Keywords: pattern recognition, neuro-motor subsystem, command neuron, spherical model, scalar product, tensor.

УДК 004.82

ИМИТАЦИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В СРЕДЕ BIG DATA



О.Л. Филипеня

научный сотрудник ОИПИ
НАН Беларуси

Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси
E-mail: filipock1@yandex.ru

О.Л. Филипеня

Окончил с отличием Белорусский государственный университет, физический факультет. Область интересов – системный анализ, когнитивная психология, алгоритмизация логики мышления.

Аннотация. Обсуждается проблема соотнесения понятия с термином при семантической обработке текста. Рассматриваются логические операции преобразования *сцена-инструкция* как метод понятийной систематизации, позволяющий приблизиться к решению задач формализации логики естественного интеллекта на пути к созданию инструментов BigData с сильным интеллектом. Результаты работы могут быть использованы в лингвистике, философии, психологии, педагогике, информатике.

Ключевые слова: логика, лингвистика, естественный интеллект, искусственный интеллект.

Введение.

Задачи, решаемые в проблематике сильного искусственного интеллекта, приводят к сопоставлению методов информатики с методами философии и лингвистики. Связующим инструментом, указанных научных направлений, является логика естественного интеллекта, обремененная утверждением со стороны всей предшествующей философии о невозможности ее формализации. Формализация логики естественного интеллекта – в этом состоит основная задача на пути к сильному интеллекту. Среда BigData привносит свой инструментарий, применимость которого для разрешения проблемы сильного интеллекта представляет значительный интерес. Однако эффективность применения этого инструментария во многом зависит от того, насколько глубоко в него интегрирована логика естественного интеллекта, представленная различными уровнями (вербальный, когнитивный, мотивационный) языковой личности, и насколько машина способна имитировать интеллектуальную деятельность средствами естественного языка, который, сохраняя результаты труда в непрерывной связи поколений, обеспечивает доступ к накопленному знанию [1].

Преобразование *сцена* – *инструкция* как метод понятийной систематизации.

Сцена и инструкция – этими понятиями характеризуются два подхода в научной практике. В сценическом, другими словами, выборочном описании реальной картины, внимание акцентируется на факторе существования значимых элементов. Значимость элементам придает или их внутренняя взаимосвязь, или внешняя обусловленность. Результатом является, соответственно, или объективное моделирование, или моделирование ситуационное с предвзятой целевой направленностью, поддерживаемой

целевыми установками индивида. Одна сцена предоставляет возможность формирования множества инструкций.

Отсюда следует, что *для установления скрытых зависимостей необходимо инструктивное описание трансформировать в описание сценическое.*

Поясним сказанное на примере диалога.

- Если я пойду туда, там будет вокзал?

- Вокзал будет там не зависимо от вашего пути следования.

Сцена для первой реплики: уточняется локализация объекта (вокзала) в форме представления о последующем восприятии объекта субъектом (я). Эта задача сформулирована как инструктивное ситуационное описание в предвзятой манере личной деятельности и заинтересованности.

Ответ дан в манере описания сцены, содержащей локализованный объект (вокзал). Выявляются дополнительные зависимости: объект воспринимается не только вопрошающим и локализация объекта не связана с перемещением индивида. То есть, сцена описана не в аспекте восприятия деятельным собеседником, а как локализация в пространстве материального объекта и иных индивидов и дополнена их деятельным началом (восприятием).

Обсуждение этой сцены позволяет говорить о том, что конкретизация процесса может рассматриваться в качестве метода понятийной систематизации. Сценическое представление и систематизация этим методом понятия «существование» позволяет установить для него объективную и субъективную формы: восприятие индивида, пространство реальности.

До тех пор, пока не будут устранены принципиальные различия в понимании особенностей протекания процессов, определяемых функциональностью этих двух форм, мы будем вынуждены разграничивать два основных типа реальности: материальный и психический. Сцена способствует более глубокому пониманию выражений. Так подоплека определения философии как особой науки, оперирующей максимально абстрактными понятиями, вытекает из сценических преобразований сущностей в несуществующее само по себе.

Сценическое преобразование обуславливает определение философии как особой науки, оперирующей максимально абстрактными понятиями. Покажем на конкретном примере подоплеку возникновения такого суждения.

Рассмотрим термин «бежит». Понятийное наполнение, соответствующее этому термину соотносится в мышлении с несколькими понятиями, за которыми стоит перемещение неопределенного животного или механизма. Преобразование этого термина в сцену, стоящую за словом «бег», переводит движение некоторой сущности в абстракцию, как-то, «способ перемещения, характеризующийся наличием механизма, включающего шарнирные соединения и рычаги». Указание на эту абстракцию как максимальную, проистекает из того обозрения, что «способ» не находит материального воплощения. Однако, понятийная организация мышления позволяет оперировать абстрактным, как целым. *Абстрактное целое является понятием. Полное целое является сущностью.* Один символ слова связывается в мышлении с множеством иных символов, позволяя посредством метода конкретизации обозреваемой сцены исчислять скрытый смысл и устанавливать новое знание.

Следовательно, можно утверждать, что задача интеллектуальной деятельности раскрывается в описании процессов, составляющих сцену, значимую для осуществления интересов индивида. Тогда, цель научной деятельности заключается в предоставлении возможности максимального насыщения сцены значимыми элементами, или ее конкретизация через логические операции преобразования *сцена-инструкция.*

Логические преобразования при интерпретации текста.

Концептуализация проблемы и ее логический анализ может основываться на различных онтологиях. В информационных технологиях под онтологией подразумевается явное описание множества объектов и связей между ними. В онтологии естественного интеллекта, как раздела философии изучаются принципы и закономерности структурной организации сущностей, что далее преобразуется в систематизированное описание понятийных единиц мышления. Если сущность сопоставить с понятием, понятие с термином, термин со знаком, знаковую систему языка с описанием, то различие между онтологиями представляется чисто техническим. Однако в таком сопоставлении вскрывается проблема смысловой определенности лексических единиц языка. Достаточно оценить наполнение любого из словарей, чтобы сделать вывод о тотальной семантической неопределенности, сопровождающей онтологические изыскания. Учитывая то, что значимость научных достижений проявляется именно в успешной конкретизации того или иного процесса, можно сделать вывод о постоянном противодействии со стороны социума. Такое положение объясняется влиянием необеспеченности разных возрастных групп в должной мере словарным запасом, а также смысловой маскировкой сложных для восприятия определений в литературных источниках. Именно это положение должно быть учтено в статистических методах анализа сложных текстов в среде BigData.

Проблема интерпретации текста в диалоге традиционно соотносится с многозначностью слов внутри конкретного языка и трансформируется в проблему понимания, передачи знания, достижения консенсуса. Как показано нами ранее [1], неочевидность тождественного преобразования языковых конструкций обусловлена отсутствием полноты описания и применением терминов, неадекватных ситуации.

Интерпретация текста, как средствами программного обеспечения, так и средствами понятийного наполнения, имея ряд отличительных особенностей, обобщается в понятии символа. Символ с одной стороны сопоставляется с термином лингвистического выражения, с другой имеет представительство в понятийной организации мышления. Тем не менее, исследователи в области искусственного интеллекта, машинного перевода, цифровых систем поддержки интеллектуальной деятельности столкнулись с отсутствием завершенных концептов интерпретации текста. Определенно, можно указать несколько направлений, как то, семантическая логика или статистический анализ вероятности обнаружения термина в среде Big Data, но только как попытку реализации формальной логики в среде, допускающей необозримую вариативность.

Камнем преткновения формальных логик является ограниченность числа понятий, допускающих алгебраические операции. Существование и истинность. Пожалуй, все. Для среды BigData проблемным является не столько корректность, сколько адекватность. Следует ожидать, что статистические методы обработки больших объемов данных, используя разбиение на множества, будут и далее продвигаться в решении проблемы существования, или, вероятности включения искомого элемента в исчисляемое множество при задании нескольких его членов. Исчисление наиболее используемых конструкций лингвистических выражений – это предельная функциональность, которая, успешна в трансляции между разными языками общения, но не достаточно формализована для проверки семантической адекватности переводимого выражения. Проблема осложнена наличием не одного, а множества узлов информационного преобразования. Знак сопоставляется с термином, термин со своим символом, который ассоциативно связан с понятием, понятие интегрируется в сценическое представление, которое ассоциативно дополняется элементами накопленного в памяти опыта, осуществляя контекстную корректировку смысла термина. Феномен сознания, позволяет удерживать сопутствующие установленным целям образы, осуществляя своеобразную надзорную практику для отбора значимых для формирования сцены логических элементов, хотя и в предвзятой манере. Не

менее проблематична и обратная задача преобразования образной сцены в последовательность терминов.

Привлечение в среду BigData методов логики в первоочередном порядке должно учитывать процессуальность анализируемой сцены. Под процессуальностью будем понимать исчисление свойств конкретного процесса, связанного с фундаментальными физическими характеристиками – пространственной локализацией и временной трансформацией, в логике философии определяющих понятийную форму (идею) и ее изменение (снятие формы). Без учета оснований реального процесса велика вероятность потери смысла одного из терминов в тени другого. Так, не тождественность понятий, стоящих за терминами «знак» и «символ», становится очевидной, если добавить в рассмотрение область их определения. Для знака – это материальный носитель. Для символа – это отражение в области сознания. Следовательно, начертанный или озвученный символ есть знак, а воспринятый знак есть символ. Без такого разделения велика вероятность потери смысла выражения при его интерпретации.

Цифра в процессорной обработке всегда остается знаком. Для символизации предметной области мышления существует аналог в предметной области обращения знака – кодирование. Но только как аналог, а не как тождество.

Универсальность закономерностей присущих мозгу кроется в понимании связующего звена – символа и в возможности дословного описания явления представленного в символической форме в соответствии с развитием реальных процессов. При работе с текстами особое внимание следует обращать на отсутствие полноты описания сцены. Многие компоненты подразумеваются, но не введены в описание в явном виде. Например, при установлении процесса счета из фразы: «на столе лежало пять яблок», следует подразумевать наличие индивида, совершившего этот подсчет. Вопрос: «куда делось понятие «пять» после раздачи яблок?» разрешается с пониманием того, что результат счета остается в памяти как накопленный опыт. Разделение сцены на субъективную и объективную составляющую является первоочередным при толковании текстов. Поясним это положения на следующем.

Толкование Ф.Энгельсом диалектики Г.В.Ф. Гегеля, применительно к объектам материального мира, вылившееся в три закона диалектики, антинаучны, так как игнорируют область существования диалектики – мышление, и ее предмет – понятие, выступающее в роли типизированной переменной. Предлагаемая в базовых курсах *диалектического материализма* трактовка «закона отрицания отрицания» как «спирали развития» является искаженной интерпретацией первоисточника, а ее применение оставляет ощущение искусственности пояснительного образа. Следует учитывать что, так как область определения закона – диалектика, а предмет применения – понятие, то реальная сцена для этого закона диалектики представляется как соотношение двух мнений, отрицающих одно другое. Отсюда и два отрицания. Например, линия воспринимается в форме овала одним из спорящих и в форме окружности другим. Два отрицания («не овал», «не окружность») за счет повышения абстрактности рожают понятие, свойственное и овалу, и окружности – замкнутость. Замкнутая линия соответствует восприятию обоих. Уменьшение степени конкретизации или увеличение абстрактности для устранения понятийного противоречия – в этом положении отражается суть применимости закона двойного отрицания. Единичное отрицание не дает такой возможности. Это показывает сравнение с прерывающей логическое конструирование ситуацией (круг/не круг), рассмотренной нами ранее [2].

• Закон двойного отрицания – это закон нахождения тождественного в содержании понятий при сопоставлении их форм. Соответствует установлению зависимостей между сущностями.

- Закон перехода количественных изменений в качественные – это закон движения формы. Способ задания этого движения определяет способ систематизации знания и его «интеллектуальную доступность».

- Закон единства и борьбы противоположностей – это закон установления полноты. Используется в анализе сущности и ее определении.

Именно благодаря тому, что понятие вводится как типизированная переменная для мышления, к нему применимы не только операции устанавливающие факт существования, но и операции нахождения тождества как результата понятийного анализа. В свою очередь это позволяет не только проверять конструктивную истинность, но и исчислять истинную конструкцию, открывая доступ к обработке «необозримой понятийной вариабельности». Формализм отнесения понятия к конкретизируемой сцене и формализм изменения понятийного содержания основываются на опыте и позволяют соотнести результат понятийного моделирования с символьным исчислением для сопоставления его с конструкцией знаковой системы языка. Для однозначности операций такого рода необходимо установить однозначное соответствие между термином и понятием, для чего среда Big Data имеет ряд действенных инструментов.

Так, возникшая в среде естественного интеллекта проблема понимания, совместно разрешается методами логики философии и информатики.

Применение средств BigData при переводе текстов исторического наследия.

Обращаясь к доступному нам историческому наследию, мы невольно становимся заложниками своего миропонимания, зачастую не готовыми к восприятию смыслов и ценностного содержания для современности текстов в трудах предшественников. Источником этих проблем является изменение оценочного базиса, в качестве которого выступает система ценностей, приобретенных на личном опыте как в форме отражения в мышлении явлений окружающей природы, так и в форме логики взаимодействия символьного содержания семантических структур, описывающих посредством языка иной субъективный опыт. Разрешение возникающего противоречия приводит или к согласованию иного опыта с текущим уровнем нашего знания, или к отторжению его значимости [3].

В качестве пояснения, применим положения найденные при предварительном рассмотрении проблемы интерпретации текста к результату перевода методами BigData наиболее сложных в понимании текстов исторического наследия [4, с.49].

Таблица 1. Пример перевода

Оригинал	Пример машинного перевода (Google)
<p>Die Logik ist die Wissenschaft der reinen Idee, das ist, der Idee im abstrakten Elemente des Denkens.</p> <p>Es gilt von dieser, wie von andern in diesem Vorbegriffe enthaltenen Bestimmungen dasselbe, was von den über die Philosophie überhaupt vorausgeschickten Begriffen gilt, dass sie aus und nach der Uebersicht des Ganzen geschöpfte Bestimmungen sind.</p> <p>Man kann wohl sagen, dass die Logik die Wissenschaft des Denkens , seiner Bestimmungen und Gesetze sei , aber das Denken als solches macht nur die allgemeine Bestimmtheit oder das Element aus, in der die Idee als logische ist.</p>	<p>(1)Логика есть наука о чистой идее, то есть об идее в абстрактных элементах мысли.</p> <p>(2)К этому относится то же самое, что и к другим определениям, содержащимся в этом предпонятии, как и к приведенным выше понятиям о философии вообще, что они суть определения, выведенные из и согласно обзору целого.</p> <p>(3)Хорошо можно сказать, что логика есть наука о мышлении, его определениях и законах, но мышление как таковое составляет лишь общую определенность или элемент, в котором находится идея как логическая.</p>

Продолжение таблицы 1

Оригинал	Пример машинного перевода (Google)
Die Idee ist das Denken nicht als formales, sondern als die sich entwickelnde Totalität seiner eigenthümlichen Bestimmungen und Gesetze, die es sich selbst giebt, nicht schon hat und in sich vorfindet.	(4)Идея мыслит не как нечто формальное, а как развивающуюся совокупность своих своеобразных определений и законов, которые она дает себе, еще не имеет и находит в себе.

Устанавливаем элементы сцены. Логика – область науки. Чистая идея – предметная область логики. Чистая – соответствует абстрактным элементам мысли.

Сцена (1). Мышление в абстрактных элементах составляет предметную область Логике.

Сцена (2). Определения философии выводятся из целого согласно обзору. Конкретизация элемента, взятого из словаря: обзор – краткое систематизированное содержание.

Сцена (3). Мышление содержит идею. Конкретизация элемента: идея – воспринятая форма явления.

Сцена (4) Идея в мышлении претерпевает развитие.

Объединяем в обобщенную сценическую форму. В современном толковании перевод высказываний Г.В.Ф. Гегеля приобретает следующий вид.

С помощью логики индивид изучает становление и развитие определений и законов в их понятийной форме, полученной в соответствии с систематизированным разбиением формы целого и представленной в мышлении абстрактным образом.

Уточняем перевод в соответствии с установленной сценой. В сделанных к переводу примечаниях, укажем подоплеку сформулированных утверждений, определяющих план изложения: определение термина, систематизация, классификация, функциональность.

Таблица 2. Пример перевода 2

Оригинал	Уточненный перевод
Die Logik ist die Wissenschaft der reinen Idee, das ist, der Idee im abstrakten Elemente des Denkens.	Логика есть наука о мысли, то есть, об абстрактной форме мышления (<i>прим. определение предметной области логики, как выделенной части из целого</i>).
Es gilt von dieser, wie von andern in diesem Vorbegriffe enthaltenen Bestimmungen dasselbe, was von den über die Philosophie überhaupt vorausgeschickten Begriffen gilt, dass sie aus und nach der Uebersicht des Ganzen geschöpfte Bestimmungen sind.	Относительно этого положения, как и других, содержащихся в этих предварительных замечаниях, ценно то же, что и в отношении изложенных ранее терминов философии вообще, а именно то, что они являются определениями, созданными из систематизированной части целого и в соответствии с ней (<i>прим. замечание о фундаментальном характере процедуры выделения части из целого для систематизации положений философии</i>).

Продолжение таблицы 1

Оригинал	Уточненный перевод
<p>Man kann wohl sagen, dass die Logik die Wissenschaft des Denkens , seiner Bestimmungen und Gesetze sei , aber das Denken als solches macht nur die allgemeine Bestimmtheit oder das Element aus, in der die Idee als logische ist.</p>	<p>Можно, наверное, сказать, что логика – это наука о мышлении, его положениях и законах, но мышление, как таковое составляет лишь общее предназначение или стихию, в котором мысль находится как логическое (<i>прим. классификация предметной области: мысль – часть мышления</i>).</p>
<p>Die Idee ist das Denken nicht als formales, sondern als die sich entwickelnde Totalität seiner eigenthümlichen Bestimmungen und Gesetze, die es sich selbst giebt, nicht schon hat und in sich vorfindet.</p>	<p>Мысль наполняет мышление не как нечто формальное, а как развивающаяся тотальность ее своеобразных определений и законов, которые она выводит из собственных посылов, а не имеет в себе заранее (<i>прим. устанавливается функциональность мысли как целого, что соответствует системному подходу</i>).</p>

Заключение

1. Учитывая то, что логика философии оперирует понятийным содержанием – по сути памятью об элементах, составляющих ранее воспринятые явления, их форму и/или их символизированное описание – онтология универсума должна способствовать проведению ситуационного моделирования, за которыми стоят реальные процессы. Пространство как область существования явления и время, как фактор его развития совместно устанавливают в сознании понятийную сцену и логику изменения ее наполнения. К онтологиям информационных технологий из этого положения следует требование различать терминологию, используемую для описания объективной сцены и сцены психической.

2. Учитывая то, что значимость научных достижений проявляется именно в успешной конкретизации того или иного процесса, можно сделать вывод о постоянном противодействии со стороны социума. Такое положение объясняется влиянием необеспеченности разных возрастных групп в должной мере словарным запасом, а также смысловой маскировкой сложных для восприятия определений в литературных источниках. Именно это положение должно быть учтено в статистических методах анализа сложных текстов в среде BigData.

Список использованных источников

[1] Филипеня, О.Л. Лингвокогнитивный метод алгоритмизации процессов логического мышления / О.Л. Филипеня, В.В. Ткаченко // Международная конференция «Лингвистический форум 2020 : Язык и искусственный интеллект». 12-14 ноября 2020. Тезисы докладов. – Институт языкознания РАН, Москва. – С. 152 – 153.

[2] Филипеня О.Л. Информационный аспект информатизации в образовательном процессе / О.Л. Филипеня, В.В. Ткаченко // «Цифровое общество как культурно-исторический контекст развития человека» : сборник научных статей и материалов IV международной научно-практической конференции, 17 февраля 2022, Коломна / под общ. ред. Р.В. Ершовой. – Коломна, 2022. – С. 361-364.

[3] Филипеня О.Л., Ткаченко В.В. О бережном отношении к философскому наследию // Философия и вызовы современности : к 90-летию Института философии НАН Беларуси : материалы Междунар. Науч. Конф. (15–16 апреля 2021 г., г. Минск). В 3 т. Т. 1 / Ин-т философии НАН Беларуси ; редкол. : А. А. Лазаревич (пред.) [и др.]. – Минск : Четыре четверти, 2021. – С. 377-379.

[4] Encyklopädie der philosophischen Wissenschaften im Grundrisse. Zum Gebrauch seiner Vorlesungen von Georg Wilhelm Friedrich Hegel, Mit Einleitung und Erläuterungen herausgegeben von Karl Rosenkranz. – LEIPZIG : VERLAG DER DÜRRÖSCHEN BUCHHANDLUNG, 1870. – 486 с. (Druck von R. Boll in Berlin, Unter den Linden 23).

IMITATION OF INTELLECTUAL ACTIVITY IN THE BIG DATA ENVIRONMENT

O.L. FILIPENIA
Research Associate,
UIIP NASB

United Institute of Informatics Problems of the National Academy of Sciences of Belarus
E-mail: filipockI@yandex.ru

Abstract. The problem of correlating a concept with a term in semantic text processing is discussed. The logical operations of the scene-instruction transformation are considered as a method of conceptual systematization, which allows us to approach the solution of the problems of formalizing the logic of natural intelligence on the way to creating BigData tools with strong intelligence. The results of the work can be used in linguistics, philosophy, psychology, pedagogy, computer science.

Keywords: logic, linguistics, artificial intelligence.

УДК 004.94

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ АНАЛИЗА ЦИФРОВОГО СЛЕДА ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ, ФОРМИРУЮЩЕЙ ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ЦИФРОВОЙ ПРОФИЛЬ СТУДЕНТА



А. А. Логинова
аспирантка КГУ, ассистент
кафедры информационных систем
и технологий КГУ



А. Р. Денисов
профессор кафедры информационных
систем и технологий КГУ, д.т.н.,
доцент

*Институт автоматизированных систем и технологий Костромского государственного университета, Российская Федерация
Костромской государственный университет, Российская Федерация*

E-mail: aloginova255@gmail.com, iptema@yandex.ru

А. А. Логинова

Окончила Костромской государственный университет. Аспирантка КГУ. Проводит научные исследования в области интеллектуального анализа данных.

А. Р. Денисов

Профессор кафедры информационных систем и технологий КГУ, д.т.н., доцент.

Аннотация. В настоящее время меняются требования к результатам высшего образования: рынок труда требует от выпускников вузов наличия компетенций, которые не всегда соответствуют навыкам, приобретаемым студентами в процессе обучения. Зачастую формируемые вузами навыки не рассматриваются с точки зрения их необходимости в профессиональной деятельности выпускника. Также часто отсутствуют подходы к мотивации персонала и студентов, что может негативно сказываться на результатах обучения. В процессе исследования анализируются имеющиеся представления об использовании цифровых следов для организации образовательного процесса, оценки формирования навыков и компетенций, формирования мотивационного профиля. Рассматриваемые аспекты выстроены в иерархию целей для определения приоритетных направлений исследования. Рассмотрены существующие системы анализа цифрового следа, интегрированные в образовательную среду университета. На основании проведенного анализа сделан вывод об аспектах образовательного процесса, требующих детального рассмотрения. Предложены методы решения данных проблем с помощью анализа данных цифровых следов, хранящихся в системах управления обучением. В том числе рассмотрены алгоритмы интеллектуального анализа образовательных процессов. Сделаны выводы о недостатках и ограничениях системы анализа цифровых следов.

Ключевые слова: цифровой след, оценка компетенций, мотивационный профиль, цифровой двойник, Educational Process Mining

Введение.

За время обучения в вузе каждый студент должен получить определенный набор компетенций, связанный с образовательными программами, чтобы получить документ об образовании. Однако зачастую навыки и способности студента неоднородны: если одни дисциплины и образовательные активности даются ему достаточно легко, то с другими могут возникать сложности, препятствующие освоению образовательной программы.

Кроме того, студент может выбрать направление подготовки неосознанно, в связи с чем может наблюдаться отсутствие мотивации и, как следствие, низкие результаты образования. Компетенции, получаемые студентом в данном случае, могут не соответствовать требованиям рынка труда.

Чтобы контролировать эти аспекты, необходимо иметь возможность анализировать деятельность студентов. В условиях дистанционного и смешанного обучения студенты оставляют множество цифровых следов — данных, содержащих информацию об основных процессах учебной деятельности. Применяя к ним методы анализа данных, можно проанализировать особенности учащихся, в том числе стиль обучения, личные интересы и предпочтения, результаты обучения и т. д., а также спрогнозировать успеваемость учащегося и предложить рекомендации по процессу обучения, предоставить возможность получения дополнительных компетенций.

Существует несколько методов анализа данных из систем управления обучением (LMS), одним из которых является интеллектуальный анализ процессов (Process Mining), в частности, интеллектуальный анализ образовательных процессов (Educational Process Mining).

Материалы и методы.

В работе анализировались исследования, касающиеся управления персоналом, мотивации персонала, составления образовательных программ и т. д. Рассматривались имеющиеся представления об использовании цифровых следов для организации образовательного процесса, оценки формирования навыков и компетенций, формирования мотивационного профиля. Рассмотрены существующие архитектурные и программные решения, применяемые в среде вузов.

Для определения приоритетных направлений исследования составлена иерархия — дерево целей, показывающее, как затронутые темы связаны друг с другом. В результате определена актуальная область исследования. Рассмотрены методы интеллектуального анализа данных, использование которых позволит выделить и исследовать поведенческие паттерны обучающихся.

Результаты.

В ходе данной работы определены аспекты образовательного процесса, требующие углубленного исследования путем использования методов процессной аналитики.

В ходе данной работы определены те цифровые следы, которые целесообразно использовать для аналитики. Определение понятия цифрового следа не имеет однозначной формулировки и может меняться в зависимости от контекста применения [1]. В данной работе под цифровым следом понимаются данные, генерируемые учащимися в ходе учебного процесса в образовательной системе и хранящиеся в журналах событий электронной образовательной системы. Журналы событий являются основным источником данных для интеллектуального анализа процессов [2]. Журнал событий может представлять собой электронную таблицу, таблицу базы данных или файл, содержащий записи о последовательности событий. В частности, имеет смысл рассматривать хранящиеся в журналах событий данные записи о процедурах регистрации студентов, посещаемых курсах, экзаменах, активности в электронной среде обучения.

С целью определения наименее проработанных вопросов, касающихся образовательного процесса, а также для определения существующих подходов к анализу деятельности обучающихся, проведен обзор существующих исследований и практических решений. Все вопросы, затронутые в изученных исследованиях, условно разделены на два блока:

1. Формирование компетенций студентов и преподавателей.

Отмечается, что современные вузы в большей степени ориентированы на оценку профессиональных компетенций и навыков и практически не обладают инструментами для формирования и оценки многих социальных и личностных компетенций [3, 4, 5, 6]. Наблюдается недостаточность требований к студенту относительно задач, которые должен решать выпускник в профессиональной деятельности [7].

2. Управление мотивацией.

Авторы исследований [8, 9] утверждают, что мотивация студентов играет важную роль в развитии их компетенций. Однако, несмотря на большое разнообразие работ в области мотивации персонала предприятий, отсутствует единый подход к организации этого процесса в высших учебных заведениях [10].

Исследования охватывают широкий ряд вопросов, напрямую или косвенно связанных с образовательным процессом. Для дальнейшего анализа все затронутые темы были сгруппированы, и на основе полученных смысловых блоков составлена иерархия, показывающая, как затронутые темы связаны друг с другом, и для каких целей могут быть применены предлагаемые в исследованиях решения. В результате получена иерархическая структура, элементами которой являются возможные задачи и направления исследования. Полученная схема представлена на рис. 1.

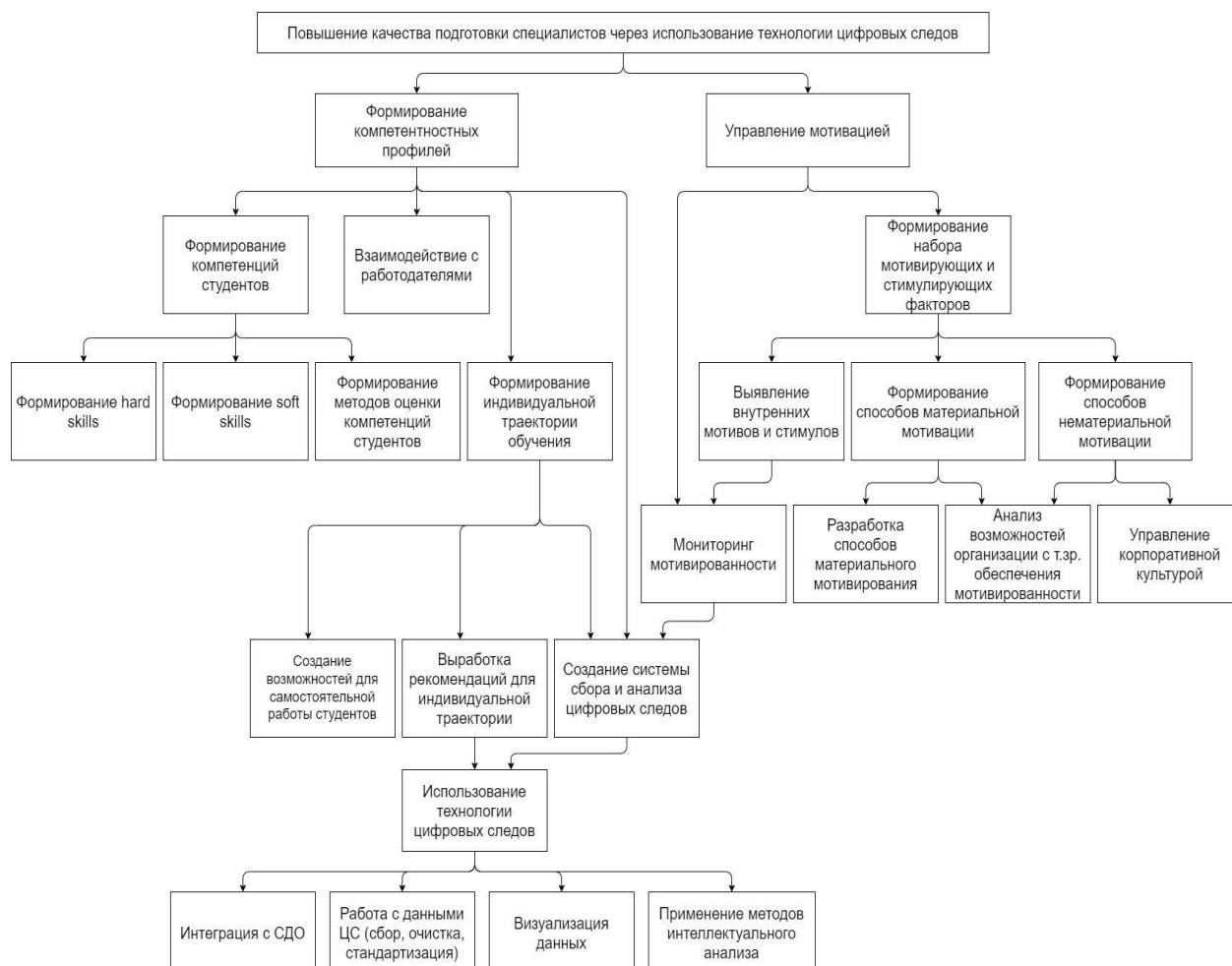


Рисунок 1. Обобщенная схема иерархии целей

В рамках данной работы рассмотрены системы анализа цифровых следов, внедренные в образовательную среду университетов, испытанные с точки зрения их применимости в

рамках реального учебного процесса и показавшие достаточную эффективность и точность. Среди них:

- Интегрированная информационная система управления учебным процессом (РГПУ им. А. И. Герцена) [11]
- Электронная образовательная среда Башкирского ГАУ [12]
- Реализация цифровой трансформации в Стэнфордском университете [13]
- Университет Национальной технологической инициативы (НТИ) «20.35» [14]
- Проект Summit Learning [15]
- Образовательный интенсив в Международном Институте Дизайна и Сервиса [16]
- Проект SRMS (Student Relationship Management System) [17, 18]

Каждая из приведенных систем решает определенный круг задач. Чтобы понять, какие задачи иерархии целей требуют более тщательного рассмотрения, с каждым конечным узлом («листом») иерархии сопоставлены системы, решающие данную задачу.

Анализ позволил сделать следующие выводы. Большинство существующих решений ориентированы на формирование и оценку компетенций обучающихся. Заметно меньше внимания уделено управлению мотивацией студентов. Несмотря на то, что использование технологий цифровых следов позволяет осуществить мониторинг вовлеченности и мотивированности студента, этот аспект недостаточно проработан.

В связи с этим можно выделить одно из наиболее перспективных направлений – мониторинг мотивации, составление мотивационного профиля студента с использованием анализа цифровых следов и разработка на его основе рекомендаций по организации образовательного процесса. Необходимо уделить особое внимание проработке данного аспекта, так как он мало исследован в рамках существующих систем.

Исследование мотивации путем интеллектуального анализа данных возможно благодаря использованию систем дистанционного обучения в рамках образовательного процесса, которые позволяют собрать достаточный объем данных цифровых следов студентов. Применяя к ним методы анализа данных, можно проанализировать особенности учащихся, в том числе стиль обучения, личные интересы и предпочтения, результаты обучения и т. д., а также спрогнозировать успеваемость учащегося и предложить рекомендации к процессу обучения [19]. Например, анализ данных позволит определить, с какими дисциплинами и темами студент испытывает больше проблем, и дать индивидуальные рекомендации по их освоению. Более того, методы анализа данных дают возможность спрогнозировать такие сложности в будущем на основании текущего поведения студента.

Методы процессной аналитики могут способствовать разработке рекомендаций для достижения желаемого уровня развития компетенций и организовать процесс обучения в соответствии с мотивационным профилем. Для этого необходимо понять, каким образом в настоящее время осуществляется получение студентами компетенций.

Все материалы, которые дает университет, можно представить как некоторую совокупность образовательных результатов, связанных между собой. В этом смысле цифровой след, записанный в журнале событий, представляет собой некоторую смысловую единицу, связанную с каким-либо образовательным результатом.

К данным электронных курсов и к цифровым следам можно применить семантический анализ, который позволит структурировать содержащиеся в них понятия. Совокупность образовательных результатов, которую должен освоить студент за время обучения в университете, формирует образовательную программу (см. рис. 2) Студент получает диплом в том случае, если он подтвердил полученные образовательные результаты. Данный подход подразумевает освоение компетенций, представляющих собой некоторую логическую последовательность выполненных образовательных результатов. Возможен переход к компетентностному подходу к образовательному процессу. При применении компетентностно-ориентированного подхода итогом обучения становится не

приобретенная квалификация выпускника, а обозначен профиль индивидуальных компетенций обучающегося, полученных в учебной и внеучебной деятельности.

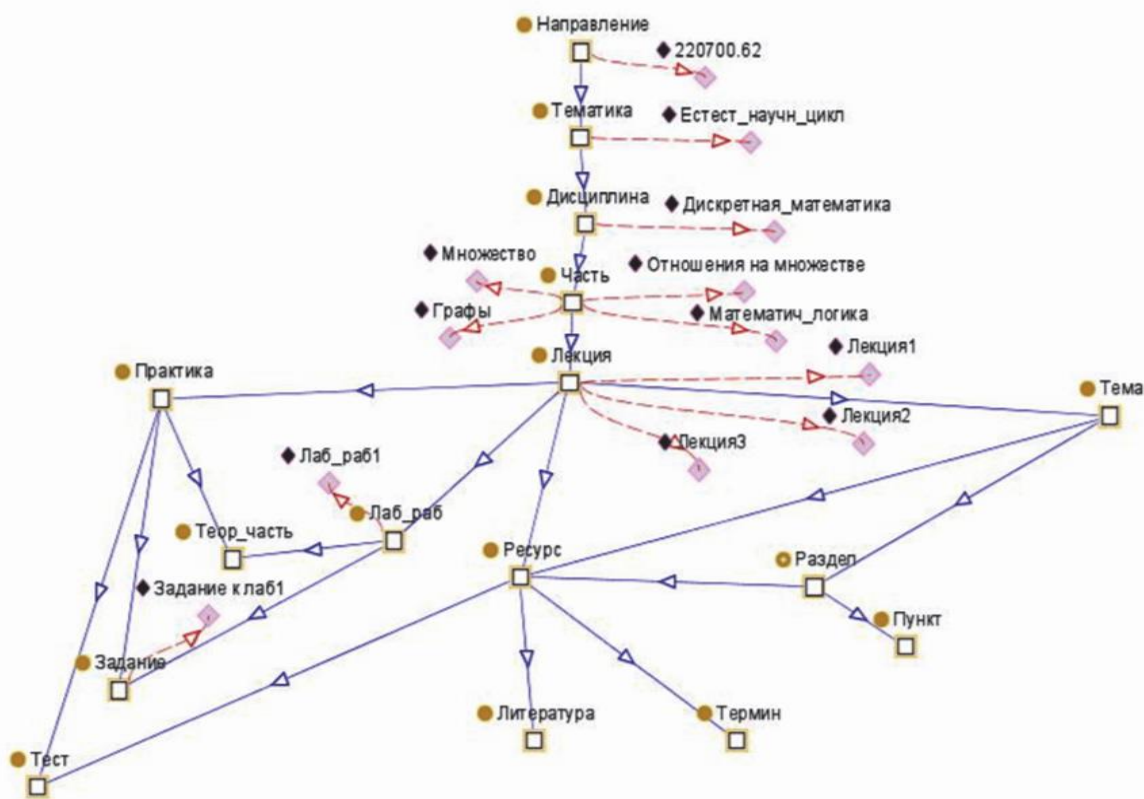


Рисунок 2. Пример представления составляющих образовательной программы

В настоящее время существует несколько методов анализа данных из систем управления обучением (LMS), одним из которых является интеллектуальный анализ процессов (Process Mining) [20], в частности, интеллектуальный анализ образовательных процессов (Educational Process Mining) [21]. Общей целью интеллектуального анализа образовательных процессов является извлечение знаний из журналов событий, записанных образовательной системой, поиск поведенческих паттернов, типичных для определенных групп учащихся, или сравнение их поведения. В общем случае интеллектуальный анализ процессов состоит из трех основных частей [22, 23, 24]:

1. Обнаружение процессов (Process model discovery) — формирует модель процессов из журнала событий [25]. Результатом обнаружения процессов является модель процессов, способная воспроизвести поведение, наблюдаемое в журнале событий [26].

2. Проверка соответствия (Conformance checking) — сравнивает сформированную модель процесса с журналом событий, который использовался для создания модели, и вычисляет показатели, определяющие качество моделей процессов [25]. В рамках проверки соответствия производится анализ того, соответствует ли смоделированное поведение наблюдаемому. Существенные отклонения от модели могут означать, что модель не отражает реальных обстоятельств и требований. Также, если в среде обучения существуют спецификации того или иного процесса, описывающие, как процесс должен выполняться (учебные планы, регламенты и проч.), проверка соответствия позволит определить актуальность существующей спецификации [27].

3. Расширение модели (Process model extension) — направлено на улучшение модели процесса на основе информации из журнала событий, относящейся к тому же процессу [26].

На этапе обнаружения процессов применяются алгоритмы, которые используют журнал событий в качестве входных данных и автоматически создают описание текущих бизнес-процессов организации. Обычно процесс представляется в виде математической модели, поддерживающей параллелизм, последовательное и альтернативное поведение. Например, может быть составлена модель на основе сетей Петри. В сфере образования популярны следующие алгоритмы обнаружения процесса, основанные на сетях Петри [28]:

1) Альфа-алгоритм Ван Дер Аалста (Alpha Miner) — метод, основанный на отношении зависимости между событиями. Его основное ограничение заключается в том, что он подходит только для журналов событий без шума, что редко происходит при изучении данных.

2) Эвристический алгоритм Вейтерса (Heuristic Miner) — использует вероятность путем расчета частот отношений между задачами. Отличием данного алгоритма является то, что при построении модели учитываются частотные характеристики событий в журнале. Эвристическая модель, извлекаемая с помощью алгоритма, позволяет выделить основные и второстепенные части модели [29]. Алгоритм Heuristic Miner был разработан для использования метрики, основанной на частоте, поэтому он менее чувствителен к шуму и неполноте журналов. Однако это не гарантирует надежных моделей образовательного процесса.

3) Генетический алгоритм Медейрос (Genetic Process Mining) — обеспечивает модели процессов, построенные на причинно-следственных матрицах (входные и выходные зависимости для каждого действия). Этот подход решает такие проблемы, как шум, неполные данные, конструкции с несвободным выбором, скрытые действия, параллелизм и дублирование действий.

Кроме того, применяется подход с использованием байесовских сетей [30]. Байесовская сеть (БС) использует взаимосвязь между графическим представлением и совместным распределением вероятностей. БС состоит из ориентированного графа и соответствующего набора условных распределений вероятностей. В графе каждый узел представляет собой переменную, а ребра, соединяющие узлы, представляют отношения между переменными.

Построение байесовской сети для моделирования реальной ситуации представляет собой двухэтапный процесс, включающий построение графа, представляющего качественные влияния моделируемой ситуации, и назначение таблиц вероятностей каждому узлу на графе.

Пример байесовской сети представлен на рис. 3. Допустим, что успешность сдачи экзамена зависит только от подготовки и концентрации студента во время экзамена. Два состояния «хорошо» и «плохо» назначаются обоим родительским узлам, а два состояния «успешно» и «неудачно» — дочернему узлу. Таблица должна быть построена на основе предыдущих данных или опыта разработчика модели. Например, в случае хорошей подготовки студента и хорошей концентрации студента во время экзаменов присваивается 85% вероятности успеха и 15% провала на экзаменах. Эти вероятности должны быть проверены во время применения модели и могут измениться, чтобы отразить реальную ситуацию.

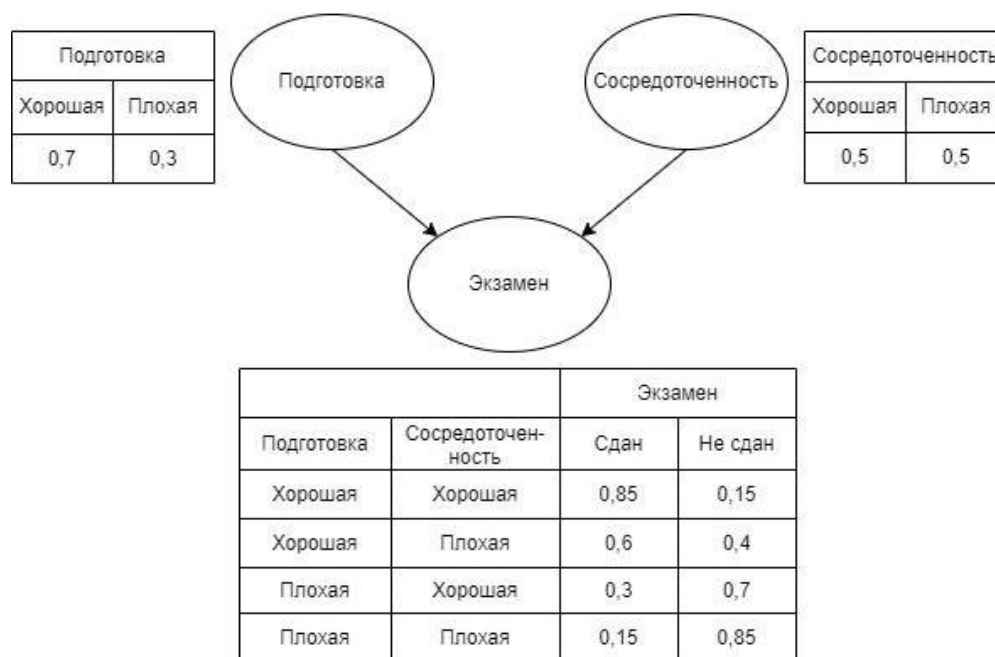


Рисунок 3. Пример простой байесовской сети

Модели, построенные данными методами, необходимо проверить на эффективность. Используются три основных метрики [31, 24]:

1) Пригодность (Fitness) — определяет, насколько хорошо модель отражает поведение, представленное в журнале событий. Пригодность количественно определяет, насколько точно модель воспроизводит случаи, зарегистрированные в журнале;

2) Точность (Precision) — показывает долю поведения, представленного моделью, которая не отражается журналом событий;

3) Обобщение (Generalization) — измеряет способность модели обобщать поведение, представленное в журнале событий.

Иногда также вводится критерий простоты (Simplicity) — фиксирует сложность модели процесса с точки зрения ее читаемости.

Применение описанных методов позволит выделить и проанализировать поведенческие паттерны обучающихся, а также спрогнозировать успеваемость учащегося и предложить рекомендации по процессу обучения. Например, анализ данных позволит определить, с какими дисциплинами и темами студент испытывает больше проблем, и дать индивидуальные рекомендации по их освоению. Более того, методы анализа данных дают возможность спрогнозировать такие сложности в будущем на основании текущего поведения студента.

Заключение.

В процессе исследования выявлено одно из наиболее перспективных направлений – мониторинг мотивации, составление мотивационного профиля студента с использованием анализа цифровых следов и разработка на его основе рекомендаций по организации образовательного процесса. Применение методов интеллектуального анализа процессов позволит проанализировать поведение студентов, что в свою очередь поможет дать рекомендации по освоению образовательных программ, а также спрогнозировать сложности в будущем на основании имеющихся данных.

Следует отметить, что прежде чем начать разработку данной системы, необходимо решить ряд вопросов. Так, сбор, хранение и анализ цифровых следов требуют достаточной технической и информационной оснащенности образовательного пространства.

Необходимо также учитывать, что составление индивидуальной траектории обучения требует определенного уровня самоорганизации у студента, и хотя система должна позволить определять оптимальный метод мотивации студента, результат обучения во многом будет зависеть от возможностей самого обучающегося.

Также следует помнить, что данная система является лишь инструментом контроля сформированности компетенций и оценки мотивации, она носит консультативный характер и не способна самостоятельно реализовать индивидуализацию траектории обучения. Принятие всех значимых решений остается за составителями образовательных программ.

Кроме того, применение методов обнаружения процессов сопряжено с некоторыми проблемами, учитывая большой объем и неоднородность следов в наборах образовательных данных. При анализе журналов событий традиционные методы обнаружения процессов создают очень сложные модели (так называемые «спагетти-модели»). В этом случае применение методов фильтрации, абстрагирования или кластеризации может помочь снизить сложность обнаруженных моделей процессов.

Имеются также вопросы, связанные с конфиденциальностью. Студенты должны знать, какие данные записываются и анализируются. Для преподавателей часто нет необходимости знать прогресс отдельных лиц, достаточно только понять эффективность лекций и учебного материала на групповом уровне. Только когда студенты дают свое согласие, следует использовать информацию на уровне отдельных студентов.

В том случае, если разрабатываемая система покажет достаточную эффективность, возможно рассмотреть ее применение в рамках среднего общего образования на базах школ, лицеев и гимназий.

Список использованных источников

- [1] Nina Tvenge et al. Added value of a virtual approach to simulation-based learning in a manufacturing learning factory // *Procedia CIRP* 88. – 2020. – p. 36-41
- [2] Wil M.P. van der Aalst, Shengnan Guo¹, Pierre Gorissen. Comparative Process Mining in Education: An Approach Based on Process Cubes // *IFIP International Federation for Information Processing*. – 2015. – p. 110-134
- [3] Munawaroh M., Setyani N. S. The effect of problem based learning (pbl) model on student learning motivation in products, creative and entrepreneurship subject in Eleventh Grade of SMK PGRI 1 Jombang // *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series* 1464. – Jombang, 2020. – 10 p.
- [4] Urban Pauli, Aleksy Poczowski. Talent Management in SMEs: An Exploratory Study of Polish Companies // *Entrepreneurial Business and Economics Review*, 7(4). – 2019. – p. 199-218
- [5] Якимова, З. В. Оценка компетенций: профессиональная среда и вуз [Текст] / З. В. Якимова, В. И. Николаева // *Высшее образование в России*, № 12. – Владивосток, 2012. – с. 13-22
- [6] Климова, Ю. О. К вопросу подготовки кадров для ИТ-отрасли в условиях цифровизации [Текст] / Ю. О. Климова, В. С. Усков // *Вестник КемГУ*. 5(2). – 2020. – с. 222-231
- [7] Бахрушин В. Є. Стандартизація вимог до вищої освіти, як інструмент забезпечення якості вищої освіти: рівні вищої освіти та предметні області // «Освітня аналітика України». № 2 (9) – 2020. – с. 50-66
- [8] Кирилина, О. Н. Роль мотивации в управлении персоналом [Текст] / О. Н. Кирилина // *Бизнес-образование в экономике знаний*. № 3. – Иркутск, 2019. – с. 51-56
- [9] Гусейнова, Е. Л. Мотивационный критерий развития профессиональных компетенций студентов технического вуза (на примере изучения дисциплины «гидравлика и нефтегазовая гидромеханика») [Текст] / Е. Л. Гусейнова, Э. Р. Васильева // *Профессиональное образование в современном мире – Октябрьский*, 2018. – с. 1709-1716
- [10] Матвеев, В. В. Управление процессом мотивации персонала вузов с использованием стратегического подхода [Текст] / В. В. Матвеев, Ю. П. Соболева // *Государственное и муниципальное управление. Ученые записки*. – Орел, 2020. – с. 28-41
- [11] Баранова, Е. В. Цифровые инструменты для анализа учебной деятельности студентов [Текст] / Е. В. Баранова, Н. О. Верещагина, Г. В. Швецов // *Известия РГПУ им. А. И. Герцена*, №198. – Санкт-Петербург, 2020. – с. 56-65
- [12] Шамсутдинова, Т. М. Когнитивная модель траектории электронного обучения на основе цифрового следа [Текст] / Т. М. Шамсутдинова // *Открытое образование* Т. 24. № 2. – Москва, 2020. – с. 47-54

- [13] Курбацкий, В. Н. Цифровой след в образовательном пространстве как основа трансформации современного университета [Текст] / В. Н. Курбацкий // «Высшая школа»: науково-метадичны і публіцыстычны часопіс. № 5. – Минск, 2019. – с. 40-45
- [14] Шкарупета, Е. В. Разработка и масштабирование инструментария цифрового развития [Текст] / Е. В. Шкарупета, А. М. Грешонков, Е. Н. Сыщикова // РЕГИОН: системы, экономика, управление № 3 (46). – Воронеж, 2019. – с. 82-86
- [15] Ловягин, С. А. Обучение физике в системе персонализированного образования с использованием цифровой платформы [Текст] / С. А. Ловягин // Перспективы и приоритеты педагогического образования в эпоху трансформаций, выбора и вызовов. – Сборник научных трудов VI Виртуального Международного форума по педагогическому образованию. – Казань, 2020. – с. 154-162
- [16] Попова, Н. А. Образовательный интенсив как новый формат реализации проектного обучения [Текст] / Н. А. Попова // Современная высшая школа: инновационный аспект. Т. 12. № 1. – Челябинск, 2020. – с. 149-156
- [17] Nualsri Songsom, Prachyanun Nilsook, Panita Wannapiroon, Lance Chun Che Fung, Kok Wai Wong. System Design of a Student Relationship Management System Using the Internet of Things to Collect the Digital Footprint // International Journal of Information and Education Technology, Vol. 10, № 3. – 2020. – p. 222-226
- [18] Nualsri Songsom, Prachyanun Nilsook, Panita Wannapiroon. The Synthesis of the Student Relationship Management System Using the Internet of Things to Collect the Digital Footprint for Higher Education Institutions // iJOE – Vol. 15, № 6. – 2019. – p. 99-112
- [19] Wiem Hachicha, Leila Ghorbel, Ronan Champagnat, Corinne Amel Zayani, Ikram Amous. Using Process Mining for Learning Resource Recommendation: A Moodle Case Study // Procedia Computer Science 192. – 2021. – p. 853–862
- [20] Van Der Aalst, W. Process mining: Data science in action // Springer. – 2016. – p. 1–477.
- [21] Bogarín, A., Cerezo, R., Romero, C. A survey on educational process mining. // Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery 8. – 2018. – p. 1230–1247.
- [22] Poohridate Arpasat, Nucharee Premchaiswadi, Parham Porouhan, Wichian Premchaiswadi. Applying Process Mining to Analyze the Behavior of Learners in Online Courses // International Journal of Information and Education Technology, Vol. 11, No. 10. – 2021. – p. 436-443
- [23] Nikola Trčka, Mykola Pechenizkiy, Wil van der Aalst. Process Mining from Educational Data // Handbook of Educational Data Mining. – 2011. – p. 123-142
- [24] Awatef Hicheur Cairns, Billel Gueni, Mehdi Fhima, Andrew Cairns, Stéphane David. Process Mining in the Education Domain // International Journal on Advances in Intelligent Systems, vol 8 no 1 & 2. – 2015. – p. 219-232
- [25] Dusanka Dakic, Srdjan Sladojevic, Teodora Lolic, Darko Stefanovic. Process Mining Possibilities and Challenges: A Case Study // 17th IEEE International Symposium on Intelligent Systems and Informatics At: Subotica, Serbia. – 2019. – p. 1-7
- [26] Awatef Hicheur Cairns, Joseph Assu Ondo, Billel Gueni, Mehdi Fhima, Marcel Schwarcfeld, Christian Joubert, Nasser Khelifa. Using Semantic Lifting for Improving Educational Process Models Discovery and Analysis // Fourth International Symposium On Data-Driven Process Discovery And Analysis: Milan, Italy. – 2014. – p.1-12
- [27] Rozinat, A., van der Aalst, W.M.P. Conformance checking of processes based on monitoring real behavior. // Inform. Syst. 33(1) – 2008. – p. 64–95
- [28] Alejandro Bogarín, Rebeca Cerezo, Cristóbal Romero. A survey on educational process mining // WIREs Data Mining Knowl Discov – 2017. – p.1-17
- [29] А. А. Мицюк, И. С. Шугуров. Синтез моделей процессов по журналам событий с шумом, Модел. и анализ информ. систем, 2014, том 21, номер 4. — с. 181–198
- [30] Ray Reichenberg. Dynamic Bayesian Networks in Educational Measurement: Reviewing and Advancing the State of the Field // Applied Measurement in Education. – 2018. – p. 335-350
- [31] Alejandro Bogarín, Rebeca Cerezo, Cristóbal Romero. Discovering learning processes using Inductive Miner: A case study with Learning Management Systems (LMSs) // Psicothema Vol. 30 No. 3. – 2018. – p. 322-329

APPLICATION OF THE TECHNOLOGY ANALYSIS OF THE DIGITAL FOOTPRINT TO CREATE A SYSTEM FOR FORMING THE INDIVIDUAL DIGITAL PROFILE OF THE STUDENT

A. A. LOGINOVA

Postgraduate student of the KSU, Assistant of the Department of Information Systems and Technologies, KSU

A. R. DENISOV

Professor of the Department of Information Systems and Technologies of KSU, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

*Institute of Automated Systems and Technologies, Kostroma State University, Russian Federation
Kostroma State University, Russian Federation*

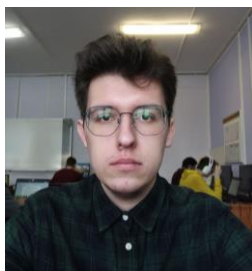
E-mail: aloginova255@gmail.com, iptema@yandex.ru

Abstract. Currently, the requirements for the results of higher education are changing: the labor market requires university graduates to have competencies that do not always meet the requirements acquired by students in the learning process. High skills formed by universities are not considered from the point of view of their necessity in the professional activity of a graduate. There are also often approaches to the motivation of staff and students, which can cause negative consequences for officials. In the course of the study, ideas about general observations of the formation of the educational process, the formation of skills and competencies, and the formation of a motivational profile are analyzed. The aspects under consideration are arranged in a hierarchy of goals to determine priority areas for research. Exclusions of the system of analysis of traces united in the educational environment of the population are excluded. Based on the analysis, a conclusion was made about the aspects of the educational process that require detailed research. Methods are proposed to solve data problems by analyzing digital footprint data stored in learning management systems. Including algorithms for intellectual educational analysis of processes are considered.

Keywords: digital footprint, competency assessment, motivational profile, digital twin, Education Process Mining

УДК 004.67

РОЛЬ BIG DATA В ПОСТРОЕНИИ УМНОГО ГОРОДА



П.А. Матюшонок
студент БГУИР



С.Н. Нестеренков
кандидат технических наук, доцент
кафедры программного обеспечения
информационных технологий, декан
факультета компьютерных систем
и сетей



А.Н. Марков
старший преподаватель,
магистр технических наук,
заместитель начальника
Центра информатизации и
инновационных разработок
БГУИР

Центр информатизации и инновационных разработок Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь
E-mail: pmatushonok@gmail.com, s.nesterenkov@bsuir.by, a.n.markov@bsuir.by

П.А. Матюшонок

Студент 4 курса специальности “Программное обеспечение информационных технологий” БГУИР.

С.Н. Нестеренков

Кандидат технических наук, декан факультета компьютерных систем и сетей Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доцент кафедры Программного обеспечения информационных технологий. Автор публикаций на тему машинного обучения, алгоритмов принятия решений, искусственных нейронных сетей и автоматизации

А.Н. Марков

Магистр технических наук, старший преподаватель кафедры ПИКС, заместитель начальника Центра информатизации и инновационных разработок Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники.

Аннотация. Города растут быстрыми темпами, а доля городского населения на планете увеличивается с каждым днем. Мегалополисы представляют собой всё более и более сложные системы, и их анализ уже невозможен без применения современных технологий. Одним из способов вывести городскую политику на новый уровень является внедрение технологии Big Data. Идея заключается в наполнении города различными датчиками, сенсорами и камерами, которые собирают информацию, а после эта информация анализируется специальными алгоритмами. Это позволяет оптимизировать процессы и указать путь развития города.

Ключевые слова: Умный город, урбанизм, большие данные, развитие городов.

Умный город.

Доля городского населения относительно общего количества людей растет с каждым годом. И это характерно для всех стран. Бурный рост городов приводит к появлению новых и усугублению старых проблем, связанных с растущей плотностью населения, бурным городским трафиком и тем, как использовать ресурсы эффективно. Развитые города начинают реализовывать переход на новый уровень развития инфраструктуры, подразумевающий использование передовых технологий. Данный подход к развитию получил название «Умный Город» [1]. Отличающей чертой умного города от обычного является интеграция физических и информационных систем в одну среду, с

целью повышения эффективности управления городом. Это закладывает основание для роста экономики, повышения уровня жизни, мобильности, снижения урона экологии.

Умный город состоит из трех уровней операций:

- технологический уровень – датчики, интернет вещей.
- специальные приложения – системы, используемые для улучшения жизни горожан.

Пользователи – городская власть.

- использование приложений – приложения для обычных людей [2].



Рисунок 1. Компоненты умного города

Big Data в концепции умного города.

Комплексное изучение современного мегаполиса нельзя представить без анализа Больших данных. Большие данные или Big Data – один из главных инновационных трендов, реализуемый в самых разных сферах от экономики до медицины, в которые интегрируется анализ крупных потоков информации при помощи машинного обучения, позволяющие делать точные прогнозы, определять целевую аудиторию, устанавливать причинно-следственные связи явлений и многое другое [3]. В устройстве и развитии городов выводы, сделанные при помощи данного подхода, помогают отслеживать динамику и приоритеты процессов, протекающих в городе, структурировать городское пространство и налаживать его функционирование, выстраивать долгосрочную политику развития [4]. Эффективность данного подхода заметна в самых разных деталях, касающихся городской повседневности.

Для сбора информации, подлежащей дальнейшему анализу, город наполняется различными датчиками, сенсорами, видеокамерами, объединенными в одну высокоскоростную сеть. Но источники данных не ограничиваются лишь этими устройствами [5]. Важным ресурсом информации являются и сами граждане, ведь сейчас практически каждый человек является владельцем смартфона, которые предоставляют в реальном времени данные о перемещении, покупках и предпочтениях.

Примеры внедрения технологии Big Data в городское управление.

Для любого города приоритетной сферой является обеспечение безопасности жителей и быстрая реакция на угрозы. Приведем пример. В Сиэтле функционирует специальное программное обеспечение, которое на основе демографических и исторических данных выявляет наиболее опасные районы в городе, которые подлежат усиленному контролю со стороны органов правопорядка, в виде дополнительных патрулей. Таким образом

осуществляется более эффективное предупреждение преступления [6].

Большие данные проникают и систему городского трафика. При помощи этой технологии производится оптимизация потоков транспорта. Информация поступает от компаний перевозчиков, водителей, пассажиров, пешеходов и позволяет понять, какие маршруты и виды транспорта более востребованы у жителей и как можно перенаправить трафик для снижения количества пробок. [7] В городе Нанкин, бывшей столице Китая с населением более 8 миллионов человек, установлены GPS-трекеры на 10 000 такси, 7 000 автобусов и на миллионе частных машин. Собираемые таким образом данные, собираются в Информационном Центре Нанкина. Там эксперты централизованно отслеживают и анализируют сведения о направлении и скорости передвижения транспорта, загруженности потоков движения, а затем рассылают результаты исследований в приложения, установленные в телефонах пользователей. Это позволило городской власти создавать новые маршруты, разгружать крупные узлы, улучшать транспортную сеть, избегать строительства новых дорог [8]. В Питтсбурге на перекрестках установлены адаптивные светофоры, распознающие номерные знаки автомобилей. Таким образом составляются популярные маршруты, и на основе этих данных корректировать время переключения светофора. Это позволило сократить среднее время в пути на 25% [9].

Новые технологии служат и на благо экологии. В Сеуле остро стояла проблема загрязнения мусором улиц, потому что система вывоза отходов была неэффективна. Урны и контейнеры были постоянно переполнены, мусор просто не успевали вывозить. Проблему решила установка на улицах города 85 дополнительных мусорных контейнеров, оснащенных датчиками наполнения. Собранные данные позволили оптимизировать маршруты передвижения муниципального транспорта, занимающегося вывозом отходов. Теперь городские службы в режиме реального времени отслеживают заполненность контейнеров и вывозят мусор вовремя. Как следствие, мусор пропал с улиц и общий вид города стал намного лучше. Также внедрение этого решения снизило на 83% затраты на содержание служб и повысило уровень переработки отходов на 46% [10].

Умные города в Беларуси.

На 2021-2025 год утверждена госпрограмма «Цифровое развитие Беларуси», которая подразумевает системный переход проекта «Умные города Беларуси» в практическую плоскость. Её целью является внедрение информационно-коммуникационных и передовых производственных технологий в отрасли национальной экономики и сферы жизнедеятельности общества.

Мероприятия этого проекта:

- Создание унифицированных систем управления, контроля, учета информации инженерных систем, интеллектуальных зданий и объектов в концепции «Умный город».
- Создание типовой региональной государственной цифровой платформы «Умный город».
- Создание национального геопортала.
- Создание центра управления движением и других компонентов интеллектуальной транспортной системы в Беларуси.

За 2019-2020 год была создана основа для практического воплощения проекта «Умные города», в виде достаточной теоретической базы в направлении развития концепции умных городов и ряда пилотных проектов цифровизации.

Заключение.

Большие данные должны сыграть важную роль в планировании городов. С помощью данного подхода можно преодолеть разрыв между представлением о том, как городская инфраструктура должна работать и реальным положением дел. Города стали представлять собой слишком сложные системы с огромным количеством связей. И без сбора точных данных и их анализа машинными методами вывести городское планирование на новый

качественный уровень невозможно. Эффективность применения данного подхода становится очевидной при изучении статистических данных о развитии городов, внедривших этот подход.

Список использованных источников

- [1] Moar, J. SMART CITIES: KEY TECHNOLOGIES, ENVIRONMENTAL IMPACT & MARKET FORECASTS 2022-2026 / J. Moar, M. Vainbridge. – Juniper Research, 2022
- [2] Китчин, Р. Управляемый данными сетевой урбанизм / Р. Китчин // Шаги/Steps. – 2017. – С. 98-107
- [3] Нестеренков, С. Н. Модифицированный генетический алгоритм для обучения нейронной сети / С. Н. Нестеренков, К. П. Белов // Информационные технологии и системы 2017 (ИТС 2017) : материалы междунар. науч. конф., Минск, 25 окт. 2017 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л. Ю. Шилин [и др.]. - Минск, 2017. - С. 204-205.
- [4] Волынский, В.Э. «Большие данные» (Big Data) в градостроительстве / В.Э. Волынский. // Academia. Архитектура и строительство. – 2017. – С. 99.
- [5] Нестеренков, С. Н. Применения цифровых двойников и бессерверной архитектуры для управления IoT устройствами / С. Н. Нестеренков, А. В. Кукареко // Информационные технологии и системы 2019 (ИТС 2019) : материалы междунар. науч. конф., Минск, 30 окт. 2019 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л. Ю. Шилин [и др.]. - Минск, 2019. - С. 70-71.
- [6] Умная полиция в умном городе / В.П. Куприяновский [и др.] // International Journal of Open Information Technologies. – 2017
- [7] Кузяшев, А.Н. КОНЦЕПЦИЯ УМНОГО ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТА / А.Н. Кузяшев, А.А. Черных // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2020. – С. 58-62
- [8] Трегубов, В.Н. Использование информации сотовых операторов в городских транспортных исследованиях / В.Н. Трегубов, А.А. Черных // Инновационные транспортные системы и технологии. – 2020. – С. 20-34
- [9] Алексеева, Л.Н. Сферы применения новейших электронных технологий в государственном управлении / Л.Н. Алексеева, А.А. Черных // Вестник Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова. – 2019. – С. 191-198
- [10] Принципы и приемы развития современного города как сложной урбозоосоциосистемы / Б.И. Кочуров [и др.] // Экология урбанизированных территорий. – 2018. – С. 83-89

THE ROLE OF BIG DATA IN BUILDING A SMART CITY

P.A. MATSIUSHONAK
Student of BSUIR

S.N. NESTERENKOV
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Technology Software, Dean of the Faculty of Computer Systems and Networks

A.N. MARKOV
Senior Lecturer, Master of Technical Sciences, Deputy Head of the Center for Informatization and Innovative Developments of BSUIR

*Center for Informatization and Innovative Developments of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Republic of Belarus
E-mail: pmatushonok@gmail.com, s.nesterenkov@bsuir.by, a.n.markov@bsuir.by*

Abstract. Cities are growing rapidly, and the share of the urban population on the planet is increasing every day. Megacities are more and more complex systems, and their analysis is no longer possible without the use of modern technologies. One of the ways to bring urban policy to a new level is the introduction of Big Data technology. The idea is to fill the city with various sensors, sensors and cameras that collect information, and then this information is analyzed by special algorithms. This allows you to optimize processes and indicate the way of development of the city.

Keywords: Smart city, urbanism, big data, city development.

УДК 331.108:004.42

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ ПОДГОТОВКИ ИТ-СПЕЦИАЛИСТА



В.Ф. Алексеев
доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем БГУИР, кандидат технических наук, доцент



Д.В. Лихачевский
декан факультета компьютерного проектирования БГУИР, кандидат технических наук, доцент



Г.А. Пискун
доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем БГУИР, кандидат технических наук, доцент



И.В. Андриалович
заместитель декана факультета компьютерного проектирования БГУИР, аспирант кафедры ИПиЭ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

E-mail: alexvikt.minsk@gmail.com, likhachevskyd@bsuir.by, piskunbsuir@gmail.com

В.Ф. Алексеев

Окончил Минский радиотехнический институт. Область научных интересов связана с разработкой методов и алгоритмов построения информационно-компьютерных систем, организацией учебного и научно-исследовательского процессов в техническом университете.

Д.В. Лихачевский

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов связана с исследованием проблем радиочастотной идентификации объектов, организацией учебного и научно-исследовательского процессов в техническом университете.

Г.А. Пискун

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов связана с разработкой методов и алгоритмов построения информационно-компьютерных систем, организацией учебного и научно-исследовательского процессов в техническом университете.

И.В. Андриалович

Окончила Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов связана с исследованием проблем психологического выгорания профессорско-педагогического состава учреждений высшего образования.

Аннотация. Показано, что развитие инфокоммуникационных технологий дает возможность создавать благоприятные условия для формирования единого образовательного пространства. Рассмотрены информационные составляющие образовательного процесса, которые определяют содержательный аспект подготовки ИТ-специалиста в учреждении образования. Раскрыта сущность и основные понятия формирования образовательной информационной среды подготовки ИТ-специалистов. Определены системные требования к подготовке специалиста, которыми руководствуются учебное заведение.

Ключевые слова: ИТ-специалист, информационная среда, единое образовательное пространство, дидактические принципы, инфокоммуникационные технологии.

Введение.

В последнее время система образования Республики Беларусь, как и системы образования зарубежных стран, претерпевает значительные изменения, связанные с необходимостью преодоления противоречий между традиционным темпом обучения и постоянно увеличивающимся потоком новых знаний. Развитие инфокоммуникационных технологий дает возможность создавать благоприятные условия для формирования единого образовательного пространства.

Практически все проводимые реформы и преобразования, касающиеся, в частности, системы высшего образования, так или иначе, обуславливают потребность в совершенствовании информационного обеспечения процессов подготовки студентов. Информация, средства ее хранения, обработки и представления, а также подходы к обучению и воспитанию с использованием новейших информационных технологий занимают одно из ключевых мест во многих научных исследованиях и государственных программах, связанные с внедрением устройств и новых методов получения и обработки информации и достаточно подробно рассмотрены авторами в [1–13].

Актуальность.

Актуальность темы определяется сложным и динамичным характером профессиональной деятельности современного специалиста, использованием в ней новейших информационных технологий, которые обуславливают объективную потребность в решении проблемы совершенствования системы профессиональной подготовки специалистов в области информационных технологий (ИТ-специалистов) в вузе. Подготовка ИТ-специалистов имеет свою особенность по сравнению с профессиональной подготовкой специалистов других направлений, что, на наш взгляд, определяется объектом их профессиональной деятельности, связанного с использованием аппаратного и программного обеспечения электронной вычислительной техники, вычислительных комплексов и систем.

Модернизация учебного процесса, прежде всего, требует перехода от лекционных способов освоения учебного материала к активным групповым и индивидуальным формам работы, организации самостоятельной поисковой деятельности студентов, что позволит готовить специалиста с выраженной индивидуальностью и организовать деятельность занимающихся в различных условиях. Этому может способствовать внедрение в учебный процесс информационных, компьютерных технологий и цифровых образовательных ресурсов.

Информационная составляющая образовательного процесса определяет содержательный аспект подготовки специалиста в университете. В качестве такой информационной составляющей может выступать электронный учебно-методический комплекс, который представляет собой дидактическую систему, где идет взаимодействие между преподавателем и обучающимися, где учитываются прикладные педагогические программные продукты, а также совокупность дидактических средств и методических материалов, которые поддерживают учебный процесс.

Проблема разработки образовательной информационной среды подготовки ИТ-специалиста для повышения эффективности результата процесса профессионального обучения остается весьма актуальной. Анализ работ А. А. Андреева, С. А., Бешенкова, И. Г. Захарова, Ж. Н. Зайцева и других позволяет сделать вывод – большинство исследователей рассматривают лишь общетеоретические аспекты построения информационной среды. Такие вопросы как теоретические основания создания и содержательно-методические аспекты реализации образовательной информационной среды подготовки ИТ специалиста с использованием технологии дистанционного обучения не рассматриваются [14–17].

Также остается ряд проблем, связанных с отсутствием единой методологии использования потенциальных возможностей информационных технологий в системе

профессиональной подготовки специалистов, что порождает массу проблем, начиная от создания инфраструктуры информатизации вуза и заканчивая использованием имеющихся педагогических программных продуктов в учебном процессе. Решение этой задачи, на наш взгляд, возможно на основе построения образовательной информационной среды подготовки ИТ специалиста.

Сущность и основные понятия формирования образовательной информационной среды подготовки ИТ-специалистов.

Модернизации образования реализуется сегодня посредством исполнения целого ряда программ, существенное место среди которых занимают программы, адресованные на информатизацию образования. Воплощение этих программ привело к коренным изменениям в оснащении образовательных учреждений средствами информационных и коммуникационных технологий, расширяется направление интеграции этих средств в учебный процесс учебных заведений, происходит накопление опыта формирования цифровых образовательных ресурсов.

Широкое распространение информационных технологий (ИТ) в различных сферах деятельности, развитие и предоставление новых информационных услуг, воплощение в жизнь концепции глобальной информационной инфраструктуры, динамичное развитие ИТ-индустрии и ИТ-бизнеса превратило область ИТ в объемное поле практической деятельности людей. Долгосрочные прогнозы экспертов сферы занятости и социальных исследований подтверждают тенденцию роста потребности индустрии и бизнеса в специалистах по информационным технологиям (ИТ специалистах) [18].

Подготовка специалиста в условиях вуза выполняется на основании системы требований [5]. При подготовке ИТ специалиста в университете эти требования образуются тремя группами источников. В первую группу внедряются требования, предъявляемые к будущему специалисту внешней средой, под которой понимается формирование ИТ-индустрии и ИТ-бизнеса, а также учет и особенности сферы, в которой они функционируют. Вторая группа требований представлена действующей профессиональной средой, в которой требуется высококвалифицированный работник соответствующего уровня знаний и профиля, конкурентоспособный на рынке труда, компетентный, ответственный, свободно владеющий инструментами решения профессиональных задач, ориентированный в смежных областях деятельности, способный к эффективной работе по специальности на уровне мировых стандартов, склонный к постоянному профессиональному росту, социальной и профессиональной маневренности.

Третья группа требований формируется на основе государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности. Эти требования подразумевают качественную организацию подготовки специалиста, что подразумевает облегчение методов обучения, информатизацию учебного процесса и активное использование технологий открытого образования.

Рассмотренные выше требования к ИТ-специалисту являются основополагающими для формирования образовательной информационной среды подготовки ИТ-специалиста в вузе [15].

Авторами рассмотрена сущность основополагающих понятий: обучение; технология обучения; технология дистанционного обучения [1–13].

Рассматривая категорию «обучение», необходимо обратить внимание на тот факт, что термин обучение включает в себя два понятия: учение (деятельность обучающегося) и преподавание (деятельность преподавателя).

Анализируя смысл определений, можно выделить в них три ключевых термина: процесс; взаимодействие (управление); цели обучения.

Образовательная деятельность в университете в последние 10-15 лет характеризуется ускоренным развитием и обширным внедрением электронных технологий обучения, включающих в себя использование сети Интернет, учебно-методических мультимедиа-

материалов, удаленных лабораторных практикумов и других электронных ресурсов учебного назначения. Учреждения образования, на уровне государственных нормативно-правовых документов, получили возможность строить свою деятельность по организации учебного процесса с применением технологии дистанционного обучения (ДО). Использование информационных и коммуникационных технологий в сфере образования дает возможность построения образовательной среды, обеспечивающей каждому студенту собственную траекторию обучения, практически независимую от внешних факторов.

Понятие «педагогическая технология» может быть представлено тремя основными аспектами [19]:

– *научным*: педагогические технологии – часть педагогической науки, изучающая и разрабатывающая цели, содержание и методы обучения и проектирующая педагогические процессы;

– *процессуально-описательным*: описание (алгоритм) процесса, совокупность целей, содержания, методов и средств для достижения планируемых результатов обучения;

– *процессуально-действенным*: осуществление технологического (педагогического) процесса, функционирование всех личностных, инструментальных и методологических педагогических средств.

Основываясь на анализе закономерностей дидактического процесса, в структуре педагогической технологии выделяют следующие компоненты [19, 20]:

– *процессуальный* – воплощение на практике заранее спроектированного процесса обучения: организация непосредственной деятельности обучающихся по усвоению знаний и умений и управление процессом обучения;

– *содержательный* – система знаний об инструментарии достижения целей, включая собственно содержание обучения, методы, организационные формы, методические приемы, дидактические средства обучения, а также факторы профессионализма педагога, индивидуальных особенностей личностей и исходного уровня подготовленности обучающихся.

Анализ различных подходов к формулировке понятия педагогическая технология, а также учет особенностей дистанционного обучения позволил сформулировать наше видение понятия технологии дистанционного обучения как педагогической технологии.

Технология дистанционного обучения (ТДО) – это совокупность новейших информационных методов и форм развития, которые обеспечивают проведение учебного процесса на расстоянии. Дистанция больше не препятствует живому общению, интерактиву и получению практического опыта.

На основе анализа теоретических разработок авторами выделены ряд характеристик, присущих любому виду технологии дистанционного обучения, если это обучение претендует быть эффективным:

– технология дистанционного обучения предполагает более тщательное и детальное планирование деятельности обучаемого, ее организации, четкую постановку задач и целей обучения, доставку необходимых учебных материалов;

– высоко эффективная обратная связь, чтобы обучаемые могли быть уверены в правильности своего продвижения по пути от незнания к знанию; такая обратная связь должна быть как пооперационной, оперативной, так и отсроченной в виде внешней оценки;

– мотивация – также важнейший элемент подготовки специалиста на основе ТДО. Для этого важно использовать разнообразные приемы и средства. Структурирование курса на основе ТДО должно быть модульным, чтобы обучаемый имел возможность четко осознавать свое продвижение от модуля к модулю; объемные модули или курсы снижают заметно мотивацию обучения.

Для взаимодействия с обучаемым могут использоваться «Система электронного обучения», видеоконференции, электронная почта и др. средства.

Заключение.

Использование данных и пропускной способности является основным ограничением при проектировании периферийных устройств *IoT*. В отличие от сотовых данных для обычного использования сотовые данные корпоративного уровня с длительным временем безотказной работы обычно дороги. Следовательно, ограничения на потребление данных становятся более актуальными, если периферийное устройство полагается на сотовые данные. Неправильный дизайн приложений может перестать использовать преимущество низкого потребления данных, которое *MQTT* предлагает для систем *IoT*.

Список использованных источников

- [1] Алексеев, В. Ф. Особенности формирования информационной составляющей при разработке учебного плана специальности «Моделирование и компьютерное проектирование радиоэлектронных средств» / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский, Г. А. Пискун // *BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: VII Международная научно-практическая конференция [Электронный ресурс] : сборник материалов VII Международной научно-практической конференции*, Минск, 19-20 мая 2021 года / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2021. – С. 268–275. – Режим доступа : http://bigdataminsk.bsuir.by/files/2021_materialy.pdf.
- [2] Алексеев, В. Ф. Информационная поддержка управления инновационной деятельностью предприятия / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский, В. В. Хорошко // *BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф.*, Минск, 20-21 мая 2020 года: в 3 ч. Ч. 3 / редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск : Бестпринт, 2020. – С. 412–417.
- [3] Алексеев, В. Ф. Формирование навыков и компетенций при подготовке магистров в новых условиях / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский, В. В. Шаталова // *BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня : сборник материалов V Международной научно-практической конференции*, Минск, 13–14 марта 2019 г. В 2 ч. Ч. 2 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; редкол. : В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2019. – С. 360–365.
- [4] Алексеев, В.Ф. Подготовка магистров в условиях перехода к концепции образования университет 3.0 / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский, В. В. Шаталова // *BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня : сборник материалов V Международной научно-практической конференции*, Минск, 13–14 марта 2019 г. В 2 ч. Ч. 2 / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; редкол. : В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2019. – С. 193–196.
- [5] Алексеев, В. Ф. Дуализм инновационных подходов при организации учебного процесса в вузе / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский // *Высшая школа*. – 2019. – № 1 (129). – С. 46–48.
- [6] Алексеев, В. Ф. Подходы к формированию базовых и промежуточных цифровых навыков, необходимых для успеха в работе и жизни / Алексеев В. Ф. // *Непрерывное профессиональное образование лиц с особыми потребностями: сборник статей III Международной научно-практической конференции*, Минск, 5 декабря 2019 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; редкол. : А. А. Охрименко [и др.]. – Минск: БГУИР, 2019. – С. 10–14.
- [7] Алексеев, В. Ф. Методологические особенности формирования информационной компетентности студентов / В. Ф. Алексеев, Л. С. Алексеева, Д. В. Лихачевский // *Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века : материалы XI Международной научно-методической конференции*, Минск, 12-13 декабря 2019 г. / редкол.: В. А. Прытков [и др.]. – Минск : БГУИР, 2019. – С. 46–47.
- [8] Алексеев, В. Ф. Инженерное творчество в системе многоуровневого университетского образования / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский, Г. А. Пискун // *Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века : материалы X международной научно-методической конференции (Минск, 7 – 8 декабря 2017 года)*. – Минск : БГУИР, 2017. – С. 124–25.
- [9] Алексеев, В. Ф. Подходы к формированию университетской концепции развития научно-исследовательской работы аспирантов, магистрантов и студентов в современных условиях / В. Ф. Алексеев, Л. С. Алексеева // *Перспективы развития системы научно-исследовательской работы студентов в Республике Беларусь : сб. материалов науч.-практ. конф.* – Минск: Изд. центр БГУ, 2011. – С. 29–38.
- [10] Алексеев, В. Ф. План мероприятий БГУИР по выполнению Государственной программы «Молодые таланты Беларуси» на 2006 - 2010 годы / В. Ф. Алексеев. – Минск : БГУИР, 2007. – 15 с.
- [11] Батура, М. П. Совершенствование организационной структуры управления научно-исследовательской работой студентов и магистрантов / М. П. Батура, В. Ф. Алексеев, А. П. Кузнецов // *Известия Белорусской инженерной академии*. – Минск, 2004. – № 1 (17/4). – С.6–9.
- [12] Инженерное творчество как один из элементов подготовки высококвалифицированных специалистов / Батура М. П. [и др.] // *Известия Белорусской инженерной академии*. – Минск, 2004. – № 1(17/2). – С. 7–10.

[13] Достанко, А. П. Информационные технологии обучения в профессиональной подготовке инженеров-конструкторов РЭС / А. П. Достанко, В. Ф. Алексеев, С. В. Бордусов // Новые информационные технологии в образовании : труды III международной конференции (Минск, 12–13 ноября 1998 г.). – Минск, 1998. – С. 125–127.

[14] Андреев, А. А. Дидактические основы дистанционного обучения / А. А. Андреев, – М.: РАО, 1999. – 120 с.

[15] Захарова, И. Г. Формирование информационной образовательной среды высшего учебного заведения: автореф. дис. ...д-ра пед. наук / И. Г. Захарова, – Тюмень, 2003. – 47 с.

[16] Зайцева, Ж. Н. Генезис виртуальной образовательной среды на основе интенсификации информационных процессов современного общества / Ж. Н. Зайцева, В.И. Солдаткин // Информационные технологии, №3, 2000, С. 44–48.

[17] Бешенков, С. А. Информация и информационные процессы / С. А. Бешенков, В. Ю. Лыскова, Е. А. Ракитина; под ред. С. А. Бешенков // Информатика и образование, 1998. – №6. – С.38–50.

[18] Интернет-порталы: содержание и технологии: сб. науч. ст. / редкол.: А. Н. Тихонов (пред.), В. Н. Васильев, Е. Г. Гридина, А. Д. Иванников, А.М. Кондаков, Г. А. Краснова, В. В. Радаев / ГНИИ ИТТ «Информика», – М.: Просвещение, 2003. – Вып.1. – 720 с.

[19] Ключевые компетенции и образовательные стандарты. Стенограмма обсуждения доклада А. В. Хуторского в РАО // Интернет-журнал «Эйдос». – 2002. – 23 апреля. <http://eidos.ru/journal/2002/0423-1.htm>

[20] Хуторской, А. В. Дидактика. Учебник для вузов. Стандарт третьего поколения / А. В. Хуторской. – СПб.: Питер, 2017. – 720 с.

THEORETICAL ASPECTS OF DEVELOPING EDUCATIONAL INFORMATION ENVIRONMENT FOR IT-SPECIALIST TRAINING

V.F. ALEKSEEV
*Associate Professor,
Department of
Information Computer
Systems Design, PhD of
Technical sciences,
Associate Professor*

D.V. LIKHACHEVSKY
*Dean of the Faculty of
Computer Design of
BSUIR,
PhD of Technical
Sciences, Associate
Professor*

G.A. PISKUN
*Associate Professor of
the Department of
Design of Information
and Computer Systems
of BSUIR, PhD of
Technical Sciences,
Associate Professor*

I.V. ANDRYALOVICH
*Deputy Dean of the
Faculty of Computer
Design of BSUIR,
postgraduate student of
the Department of IP&E*

*Department of Information and Computer Systems Design
Faculty of Computer Engineering
Belarusian State University of computer science and Radio Electronics, Republic of Belarus
E-mail: alexvikt.minsk@gmail.com*

Abstract. It is shown that the development of infocommunication technologies makes it possible to create favorable conditions for the formation of a single educational space. The information components of the educational process, which determine the content aspect of the training of an IT specialist in an educational institution, are considered. The essence and basic concepts of the formation of the educational information environment for the training of IT specialists are disclosed. The system requirements for the training of a specialist, which guide the educational institution, are determined.

Keywords: IT specialist, information environment, unified educational space, didactic principles, infocommunication technologies.

УДК 004.932.2

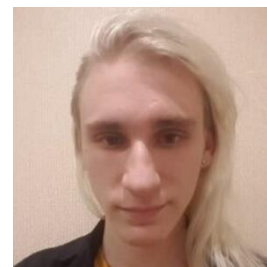
МЕТОД ГЕНЕРАЦИИ СИНТЕТИЧЕСКОГО НАБОРА ДАННЫХ ДЛЯ ЗАДАЧ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ



М.М. Лукашевич
докторант БГУИР,
руководитель проекта
ИООО «Софтек
Девелопмент»



А.Н. Макаров
ML инженер ИООО «Софтек
Девелопмент»



Н.Ю. Филиппов
студент БГУИР,
ML инженер ИООО «Софтек
Девелопмент»

Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь
ИООО «Софтек Девелопмент», Республика Беларусь
E-mail: lukashevich@bsuir.by

М.М. Лукашевич

Является докторантом Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. Работает в ИООО «Софтек Девелопмент» в должности руководителя проекта. Сфера научных интересов включает цифровую обработку изображений и распознавание образов, компьютерное зрение.

А.Н. Макаров

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Работает в ИООО «Софтек Девелопмент» в должности ML инженера. Основные интересы связаны с решением практических задач в области машинного обучения и компьютерного зрения.

Н.Ю. Филиппов

Является студентом выпускного курса Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. Работает в ИООО «Софтек Девелопмент» в должности ML инженера. Основные интересы связаны с решением практических задач в области машинного обучения и глубоких нейронных сетей.

Аннотация. В работе рассмотрены источники данных для задач машинного обучения, некоторые инструменты аннотирования. Особый акцент сделан на применение машинного обучения при решении задач компьютерного зрения. Обоснован подход к созданию синтетических наборов данных. При таком подходе генерируются имитируемые данные для обучения, напоминающие по своим базовым параметрам реальные данные (объекты). Предложен метод генерации синтетических наборов данных, основанный на ряде алгоритмов цифровой обработки изображений таких как, геометрические преобразования, искажения цвета, поворот, добавление шума.

Ключевые слова: машинное обучение, набор данных, разметка данных, синтетические данные.

Введение.

Построение моделей машинного обучения для решения широкого круга задач всегда основывается на данных. Качество моделей машинного обучения напрямую зависит от набора данных, который использовался при обучении модели, его объема и чистоты, вариативности представленных данных. Условно можно выделить следующие типы данных, с которыми работают в машинном обучении: изображения/видео, табличные

данных, сигналы различной физической природы.

Наборы данных для задач машинного обучения.

Рассмотрим некоторые популярные источники данных. Наиболее известной среди специалистов по машинному обучению является платформа Kaggle [1], предоставляющая доступ к большому числу наборов данных по различным тематикам. Также ресурс содержит большое число задач, их подробное описание, результаты и исходные коды прошедших соревнований, есть возможность загрузить свой набор данных, а также можно воспользоваться вычислительными ресурсами платформы. Ещё одним источником исследовательских данных является Dataset Search от Google [2]. Данные можно найти по таким критериям, как актуальность, формат данных, тип лицензии, тема и др. Здесь представлены данные от различных международных организаций таких как Всемирная организация здравоохранения. Компания Amazon предлагает реестр открытых данных на AWS [3]. Компания Microsoft представляет разработчикам и исследователям доступ к открытым наборам данных Azure [4]. Ресурс содержит данные статистические и научные данные различных организаций. Также имеется возможность создавать собственные облачные базы данных и использовать другие возможности сервиса.

В данной работе мы сконцентрировали свое внимание на данных, представленных в виде изображений. Данные этого типа используются при решении широкого круга задач компьютерного зрения. Особенно популярными наборами изображений для задач компьютерного зрения являются следующие.

База данных ImageNet [5] – это проект по созданию и сопровождения обширнейшей базы аннотированных изображений, предназначенных для обучения и тестирования методов распознавания образов и машинного обучения. Включает в себя более 14 миллионов изображений, организованных в соответствии с иерархией WordNet. Проект сыграл важную роль в продвижении исследований в области компьютерного зрения и глубокого обучения. Данные доступны бесплатно для некоммерческого использования. Примеры данных из базы ImageNet представлены на рисунке 1.

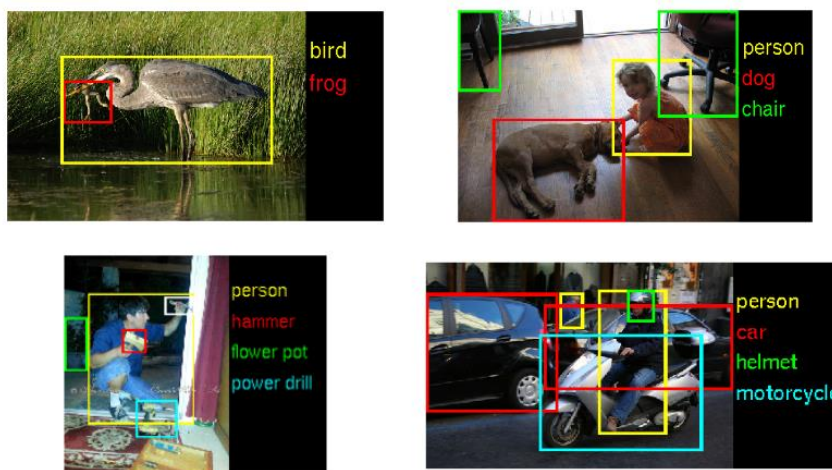


Рисунок 1. Примеры изображений из базы ImageNet [5]

MS COCO [6] – это крупномасштабный набор данных для решения задач обнаружения и сегментации объектов на изображении, аннотирования изображений. Набор содержит 123 287 изображений, на которых представлено 886 284 объектов 22 классов. Примеры данных из базы MS COCO представлены на рисунке 2.



Рисунок 2. Примеры изображений из базы MS COCO [6]

В случае решения задач аннотирования изображений большой интерес представляет набор Visual Genom [7], состоящий из более 100 тысяч аннотированных изображений. Примеры данных из базы Visual Genom представлены на рисунке 3.

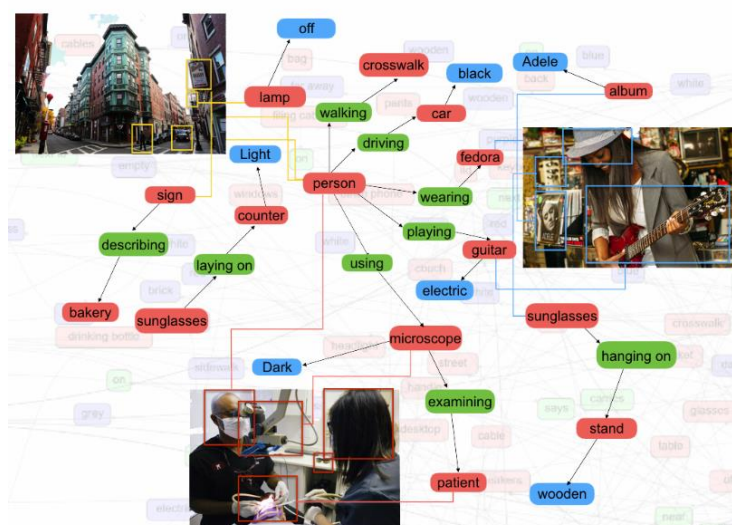


Рисунок 3. Примеры изображений из базы Visual Genom [7]

При разработке приложений, использующих технологии распознавания лиц, стоит обратить внимание на набор данных Labeled Faces in the Wild [8]. Он содержит 3 000 размеченных изображений лиц людей.

Таким образом, в настоящее время для решения различных задач машинного обучения и компьютерного зрения можно найти большое число наборов данных. Одни наборы предназначены для решения широкого круга задач (ImageNet, MS COCO), другие являются узкоспециализированными (Visual Genom). Большинство из них свободно можно использовать лишь в учебных или научных целях. Кроме того, часто они имеют определенные ограничения, например, недостаточный объем данных или ограниченный набор классов. Так же их применение в коммерческих разработках, как правило,

ограничено лицензией.

Подходы к разметке данных.

Отдельно подчеркнем, что набор данных для задач машинного обучения должен содержать не только данные, но метаданные. Без размеченных данных нельзя обучить алгоритмы машинного обучения. Данные должны быть интерпретированы и аннотированы в соответствии с решаемой задачей. Также они должны быть чистыми и корректными. Это является значительной частью работы при создании наборов данных.

Самой быстрой и дешевой способ разметки данных – это использование платформ краудсорсинга (например, Toloka.ai [9]). Большая задача по разметке данных разделяется на мелкие и удобные в работе части и доверяется большому числу пользователей, после чего все результаты собираются воедино. Основной проблемой данного подхода является точность разметки данных. В противовес данному решению самой надёжной с точки зрения точности является разметка внутри компании, где обеспечивается полный контроль. Однако не каждая компания может себе позволить содержать штат разметчиков. Одним из решений может быть аусорсинг сторонних специалистов и компаний. Фрилансеры могут быть наняты с помощью таких площадок как UpWork [10]. Но в случае работы с ними нужно иметь четкие инструкции и согласовать используемое программное обеспечение. Привлечение сторонних компаний будет стоить дороже, чем использование фрилансеров, но гарантирует лучшее качество конечного результата. Примерами таких компаний могут быть следующие [11, 12].

Инструменты аннотирования.

При разметке данных могут использовать как собственные инструменты аннотирования, инструменты клиента, так и сторонние инструменты. Собственные инструменты аннотирования могут себе позволить разрабатывать и использовать далеко не все компании. Но это необходимо при решении задач, в которых есть требования к защите данных. Если таких требований нет, то можно воспользоваться программными средствами для аннотирования данных, некоторые из которых являются бесплатными. Назовем несколько наиболее популярных. CVAT [13] - это бесплатный, интерактивный онлайн инструмент аннотирования видео и изображений для компьютерного зрения (рисунок 4). Удобные UI/UX решения данного продукта основаны на отзывах команды профессиональных специалистов по аннотированию данных.

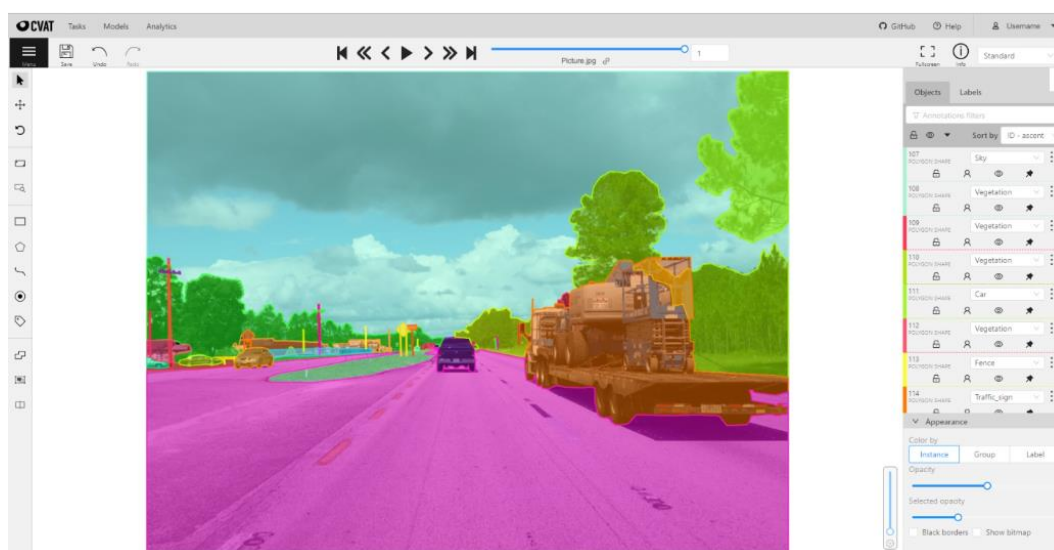


Рисунок 4. CVAT [13]

Еще одним интересным решением является LabelMe [14]. Это графический

инструмент аннотирования изображений, написанный на языке Python и использующий Qt для графического интерфейса.

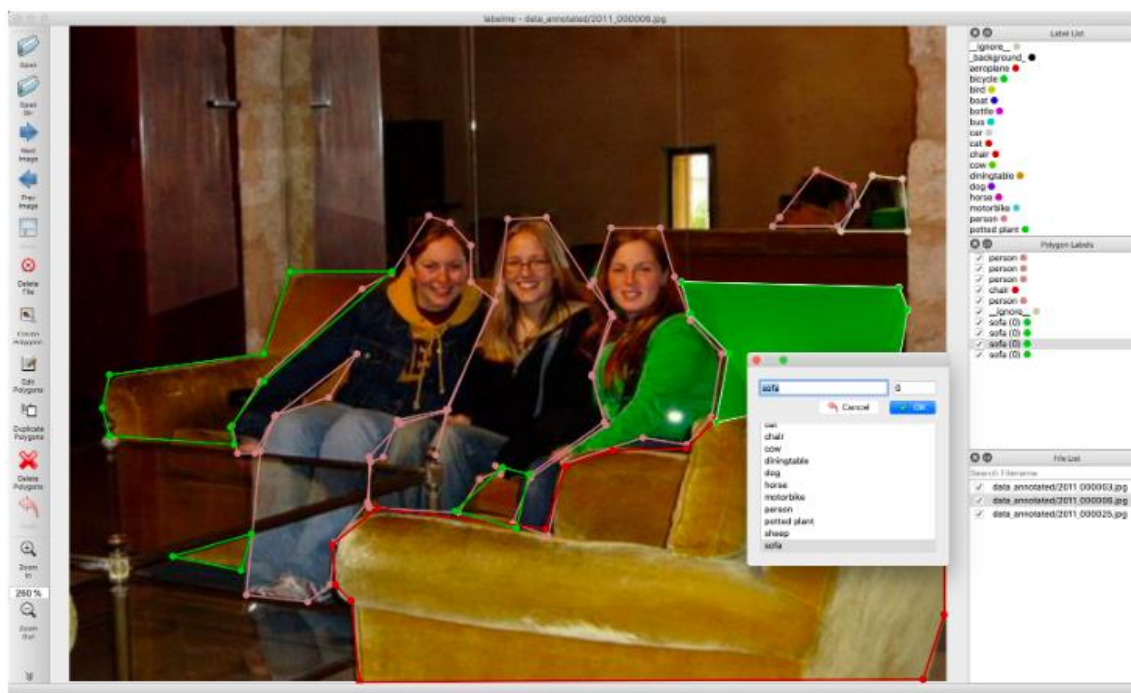


Рисунок 5. CVAT [14]

В связи с выше сказанным актуальной задачей в машинном обучении является задача сбора и разметки наборов данных с целью дальнейшего обучения моделей. При этом зачастую встает вопрос о том, что собрать и разметить большой массив реальных данных (например, изображений) достаточно проблематично в силу большого объема работы, дороговизны, возможной неточности данных и их аннотаций. Отдельным фактором может стать и защита данных. Также в машинном обучении есть задачи, где в принципе нельзя использовать что-либо, кроме синтетических данных. Примеры таких задач – это обучение роботов и беспилотных машин, где используется обучение с подкреплением.

Многие стремятся найти эффективные способы быстрого, качественного и экономного сбора и разметки данных. Чем лучше решение будет предложено, тем быстрее сможет развиваться машинное обучение в частности, и искусственный интеллект в целом.

Метод генерации синтетического набора данных.

Одним из возможных подходов решения данной задачи является создание синтетических наборов данных. Идея заключается в том, что при таком подходе генерируются имитируемые данные для обучения, напоминающие по своим базовым параметрам реальные данные (объекты). Такие данные можно относительно быстро сгенерировать и автоматически разметить. Чаще всего при решении данной задачи в компьютерном зрении используется аугментация - генерация наборов на основе изменения ключевых характеристик данных. Уже есть ряд искусственных наборов данных [15-17] и научных работ по данной тематике [18, 19].

Авторами разработан и предложен метод генерации синтетического набора данных для решения задач машинного обучения. Описанный ниже метод основан на ряде алгоритмов цифровой обработки изображений таких как, геометрические преобразования, искажения цвета, поворот, добавление шума.

Исходными данными при построении набора данных являются 3d модели объектов интереса в формате obj. Формат данных для 3d объекта предполагает представление

объекта в виде набора полигонов (вершин и граней). Вершины задаются через координаты x , y , z и образуют полигон. Они хранятся в нормальной и абсолютной форме. В нормальной форме имеются координаты текстуры, которая представляет набор треугольников.

Введем следующие понятия. Под *объектом интереса* будем понимать объект, принадлежащий какому-либо классу в контексте задач компьютерного зрения (детекция, сегментация, классификация). *Фон* будем считать всю область изображения, за исключением объекта интереса либо изображение, не содержащее объекта интереса. *Нецелевой объект* – это объект, не являющийся объектом интереса, который может являться фоном или содержаться на фоне. *Сцена* – это комбинация фона, целевых и нецелевых объектов.

Метод генерации синтетического набора данных включает в себя следующие шаги:

Шаг 1. Разработка 3d моделей объектов интереса, сбор коллекции моделей. В случае отсутствия возможностей разработки - поиск и сбор коллекции бесплатных 3d моделей.

Шаг 2. Приведение 3d моделей к единому унифицированному виду формате obj. Визуализация моделей с помощью доступных программных инструментов (например, PyOpenGL [20]).

Шаг 3. Для каждой 3d модели выполнение следующих трансформаций (реализация их различных комбинаций):

Шаг 3.1. Цветовая аугментация текстуры.

Шаг 3.2. Масштабные трансформации: изменение расстояния от камеры до объекта.

Шаг 3.3. Изменение угла обзора объекта.

Шаг 4. Обрезка изображения по границам модели.

Шаг 5. Формирование бинарной маски для каждой 3d модели.

Шаг 6. Для каждого фона с целью формирования сцены выполняются следующие операции:

Шаг 6.1. Наложение на фон нецелевых объектов с заданными размерами.

Шаг 6.2. На фон накладываются целевые 2d объекты с различными углами поворота.

Шаг 7. Преобразование сцены: изменение цвета, контраста, яркости, внесение шума.

Шаг 8. Формирование карты фонов и индексов объектов для контроля генерации.

Результаты.

В ходе проведенного эксперимента практическая реализация описанного метода имела следующие особенности. В качестве целевого объекта был взят класс «сумки/рюкзаки/чемоданы», рисунок 6.



Рисунок 6. Примеры изображений целевых объектов

Цветовая аугментация текстуры выполнялась путем перестановки цветовых каналов исходных текстур. Примеры текстур представлены на рисунке 7.



Рисунок 7. Примеры текстур

Анализ показал, что такая трансформация эффективна в случае ярких и насыщенных цветов и бессмысленна в случае градаций серого. Масштабные трансформации выполнялись в 3 вариантах, с сохранением визуального качества объекта при изменении его размера. Изменение угла обзора выполнялось в интервале от $-0,5$ до $0,5$ радиан. Всего было использовано 7 различных значений угла. Число фонов при создании набора данных должно быть достаточно большим. Эксперименты показали, что увеличение числа фонов уменьшает вероятность переобучения модели. Примеры изображений фона представлены на рисунке 8.

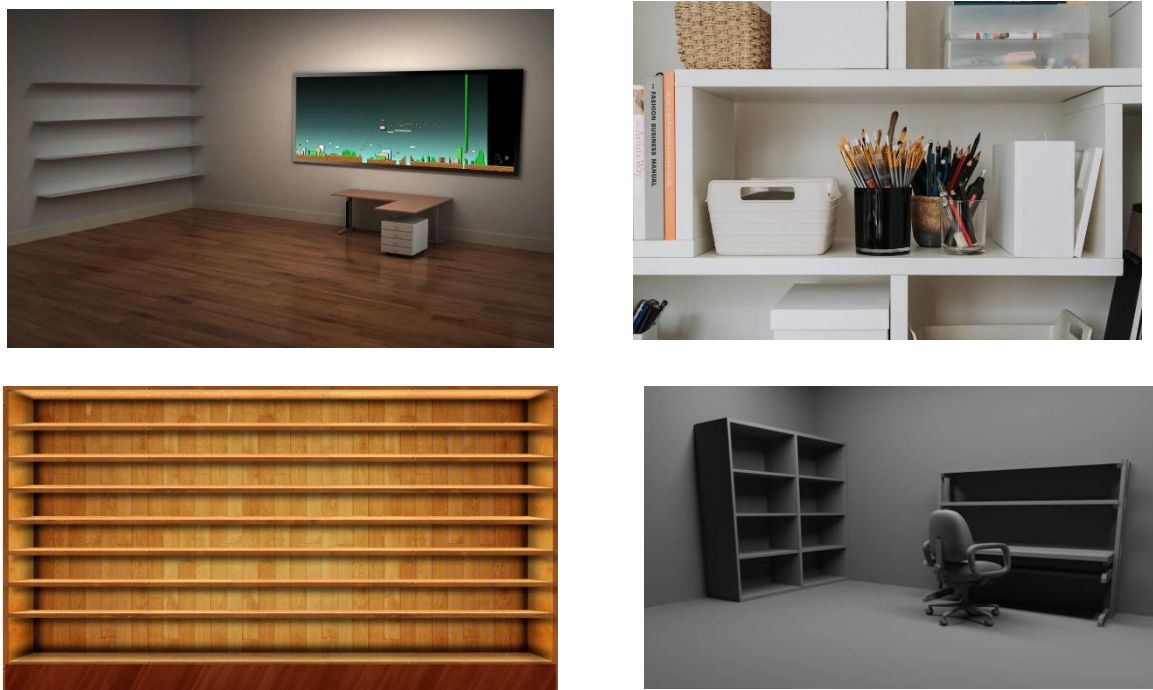


Рисунок 8. Примеры изображений фона

На фон накладывалось не более, чем 10 нецелевых объектов, максимальный размер которых не мог превышать размер фона (1080*1920 пикселей). На фон накладывалось от 4 до 14 целевых объектов с различными углами поворота. Примеры нецелевых объектов

представлены на рисунке 9. В процессе генерации выполнялся контроль пересечения объектов интересов. В ходе экспериментов был получен набор из 2 142 изображений, основой создания которого стали 17 3d моделей.



Рисунок 9. Примеры изображений нецелевых объектов и соответствующих им бинарных масок

Данный набор был использован при решении практической задачи построения модели машинного обучения на основе глубоких нейронных сетей для детекции и трекинга объектов. Модель показала хорошие результаты в условиях отсутствия реальных данных.

Заключение.

Разработанный метод генерации синтетического набора данных может быть использован при создании данных для решения широкого круга задач по компьютерному зрению, где применяется машинное обучение.

Список использованных источников

- [1] Kaggle: Your Home for Data Science [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kaggle.com/>. – Дата доступа: 24.03.2022.
- [2] Dataset Search [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://datasetsearch.research.google.com/>. – Дата доступа: 24.03.2022.
- [3] Registry of Open Data on AWS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://registry.opendata.aws/>. – Дата доступа: 24.03.2022.
- [4] Public data sets for Azure analytics – Azure SQL, Microsoft Docs [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/azure-sql/public-data-sets>. – Дата доступа: 24.03.2022.
- [5] ImageNet [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://image-net.org/>. – Дата доступа: 24.03.2022.
- [6] COCO – Common Objects in Content [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cocodataset.org/#home>. – Дата доступа: 24.03.2022.
- [7] VisualGenome [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://visualgenome.org/>. – Дата доступа: 24.03.2022.
- [8] LFW Face Database : Main [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vis-www.cs.umass.edu/lfw/>. – Дата доступа: 24.03.2022.
- [9] Toloka: Data solution to drive AI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://toloka.ai/>. – Дата доступа: 24.03.2022.
- [10] Upwork, The World is Work Marketplace [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.upwork.com/>. – Дата доступа: 24.03.2022.
- [11] Artificial Intelligence Companies, Data Science Consulting [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.webtunix.com/>. – Дата доступа: 24.03.2022.
- [12] iMerit: AI Data Solutions [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://imerit.net/>. – Дата доступа: 24.03.2022.
- [13] CVTA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/openvinotoolkit/cvat>. – Дата доступа: 24.03.2022.
- [14] LabelMe [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/wkentaro/labelme>. – Дата доступа: 24.03.2022.
- [15] Aubry M., Maturana D., Efros A., Russell B., Sivic J. Seeing 3d chairs: exemplar part-based 2d-3d

alignment using a large dataset of cad models — InCVPR, 2014

[16] VC-Clothes [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wanfb.github.io/dataset.html/>. – Дата доступа: 24.03.2022.

[17] Visual Geometry Group - University of Oxford <https://www.robots.ox.ac.uk/~vgg/data/scenetext/> — Retrieved January 19, 2021.

[18] SynSys: A Synthetic Data Generation System for Healthcare Applications. Dahmen J, Cook D. Sensors (Basel). 2019 Mar 8;19(5):1181. doi: 10.3390/s19051181.

[19] Sergey I. Nikolenko Synthetic Data for Deep Learning. arXiv:1909.11512 <https://doi.org/10.48550/arXiv.1909.11512>

[20] PyOpenGL [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pypi.org/project/PyOpenGL/>. – Дата доступа: 24.03.2022.

METHOD FOR SYNTHETIC DATASET GENERATION FOR MACHINE LEARNING TASKS

M.M. LUKASHEVICH

*Post Doctoral Researcher of
the Belarusian State University
of Informatics and
Radioelectronics, Unit Lead
ML of Softeq Development*

A.N. MAKAROV

ML engineer of Softeq Development

N.Y. FILIPPOV

*Student of the Belarusian
State University of
Informatics and
Radioelectronics, ML
engineer of Softeq
Development*

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Belarus

Softeq Development, Republic of Belarus

E-mail: lukashevich@bsuir.by

Abstract. In this paper the sources of data for machine learning tasks and some annotation tools are discussed. A special emphasis is placed on the application of machine learning to computer vision problems. An approach to generate synthetic datasets is substantiated. This approach generates simulated training data resembling real data (objects) in their basic parameters. A method for generating synthetic datasets based on a number of algorithms for digital image processing, such as geometric transformations, color distortions, rotation, and adding noise is proposed.

Keywords: machine learning, data set, data partitioning, synthetic data.

УДК 519.65+534.1+004.3+004.42+004.9

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ В ЗАДАЧАХ, СВЯЗАННЫХ С ОБРАБОТКОЙ ВИБРАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ



П.Ю. Бранцевич

докторант, кандидат технических наук, доцент

Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Республика Беларусь. Докторант БГУИР.
E-mail: branc@bsuir.edu.by

П.Ю. Бранцевич

С 1985 года работал в области разработки архитектуры, методов, алгоритмов и программного обеспечения компьютерных систем и комплексов для определения метрологических характеристик виброизмерительных преобразователей и виброустановок, решения задач вибрационного контроля, мониторинга, диагностики и автоматизации защиты многоопорных механизмов с вращательным движением. Разработал математическое и программное обеспечение систем поддержки принятия решений по оценке технического состояния сложных механизмов и агрегатов по вибрационным параметрам и характеристикам. Являлся научным руководителем и исполнителем четырех заданий Государственной научно-технической программы (ГНТП) «Энергетика», двух заданий ГНТП «Защита от чрезвычайных ситуаций», четырех заданий ГПНИ «Диагностика», более ста хозяйственных договоров.

Аннотация. С начала 90-х лабораторией вибродиагностических систем начато внедрение и промышленная эксплуатация компьютерных систем непрерывного вибрационного контроля и мониторинга сложных агрегатов роторного типа, которые формируют временные тренды для 14 вибрационных параметров с временным шагом 1-8 секунд по каждой точке (12-33) контроля на эксплуатируемом объекте. По мере накопления данных возникла потребность в создании автоматизированных и автоматических систем принятия решений, как для решения задач технической диагностики, так и для автоматизации защитных отключений при возникновении аварийно-опасных ситуаций в ходе эксплуатации энергетических турбоагрегатов. Предлагается функционал универсального модуля принятия решений на основе параметров и характеристик наблюдаемого объекта. Приведен пример реализации системы принятия решения для автоматизации защитного отключения на основе анализа вибрационного состояния в ходе эксплуатации детандер-генераторного агрегата (ДГА).

Ключевые слова: вибрация, сигнал, параметр, характеристика, решение.

Введение.

В производственных процессах расходы, направляемые на обеспечение работоспособности производственного оборудования, составляют значительную часть от эксплуатационных затрат. Считается, что наиболее изнашиваемым является оборудование с вращательным движением (турбины, генераторы, двигатели, редукторы, насосы, компрессоры, вентиляторы). Снизить затраты на его эксплуатацию можно путем внедрения современных систем технического обслуживания, которые базируются на использовании технологий мониторинга, оценки состояния, диагностики, прогнозирования развития дефектов, которые с точки зрения их организации и функционирования являются интеллектуальными системами [1].

Состояние производственного оборудования может характеризоваться многими параметрами основных и вторичных процессов, развивающихся при его работе. Для контроля целесообразно выбирать те, которые достаточно хорошо отражают функциональное состояние объектов и не требуют слишком больших затрат на их измерение. В этом плане, для механизмов с вращательным движением, такими являются параметры вибрации [1,2]. На основе анализа вибрационного состояния группы однотипных механизмов при их функционировании на различных режимах, в различном техническом состоянии и на протяжении длительного времени могут быть обоснованы и сформулированы диагностические признаки для локализации мест и причин повышения вибрации. Это создает условия для построения автоматизированных интеллектуальных систем оценки технического состояния и диагностики, значительно облегчающих работу инженерно-технического персонала [3].

Модель базового элемента системы принятия решений.

Состояние наблюдаемого технического или природного объекта описывается параметрами и характеристиками.

Параметр – это величина, значения которой служат для того, чтобы различать элементы некоторого множества между собой; величина, постоянная в пределах данного явления или задачи, но при переходе к другому явлению или задаче обладающая возможностью изменить своё значение. Иногда параметрами называют также величины, очень медленно изменяющиеся по сравнению с другими величинами (переменными). Параметр – свойство (показатель) объекта или системы, которое можно измерить. Результатом измерения параметра системы является число или величина, а саму систему можно рассматривать как множество параметров, которое требуется измерить для моделирования или оценки ее поведения. Примерами параметров вибрации являются: среднее квадратическое значение (СКЗ) виброускорения (виброскорости), размах колебаний, амплитуда колебаний на определенной частоте, вычисляемые путем обработки вибрационного сигнала, формируемого первичными преобразователями (датчиками), установленными на подшипниковой опоре механизма.

Характеристика – это совокупность отличительных свойств кого-либо или чего-либо. Характеристика в технике – есть графическое, или табличное выражение зависимости одного параметра от другого. А также функция, выражающая или описывающая эту зависимость. Например, характеристикой объекта является амплитудный спектр вибрационного сигнала, возбуждаемого на корпусе подшипниковой опоры или отрезок временной реализации вибрационного сигнала.

Чтобы выполнять оценку состояния наблюдаемого объекта, требуется некая система принятия решений или поддержки принятия решений. Предлагается следующая модель базового решающего элемента системы принятия решений по оценке состояния наблюдаемого объекта или выработке рекомендаций по воздействию на данный объект.

Входными данными базового элемента являются:

x_i – значение параметра i , $i = 1..N$.

$\omega_j(y_{j,1}, \dots, y_{j,k})$ – характеристика j при дискретных значениях аргумента y_j , $j = 1..M$.

$\omega_j(y_j(t))$ – характеристика j при непрерывном значении аргумента y_j , $j = 1..M$.

По отношению к входным исходным параметрам и характеристикам применяются функции первичной обработки:

$f_l(x_i)$, где $l=1..B$; и $\varphi_m(\omega_j)$, где $m=1..C$.

Причем, разные функции f_l могут применяться по отношению к одному и тому же параметру x_i , а различные функции φ_m , к одному и тому же значению характеристики ω_j . Могут быть и комплексные многопараметрические-многохарактеристические функции:

$\psi_n(x_i, \dots, x_j, \dots, x_k, \omega_l, \dots, \omega_m, \dots, \omega_p)$, где $n=1..D$; $i, j, k \in 1..N$; $l, m, p \in 1..M$.

По отношению к набору функций:

$f_l(x_i)$, $\varphi_m(\omega_j)$, $\psi_n(x_i, \dots, x_j, \dots, x_k, \omega_l, \dots, \omega_m, \dots, \omega_p)$ применяются обобщающие функции:

$y_k = \Psi_k[f_l(x_i), l=1..B; \varphi_m(\omega_j), m=1..C; \psi_n(x_i, \dots, x_j, \dots, x_k, \omega_l, \dots, \omega_m, \dots, \omega_p), n=1..D]$;

$k=1..L$.

И уже по отношению к y_k применяются разнообразные решающие функции:

$S_\eta(y_k)$, $\eta=1..P$.

Результат функции $S_\eta(y_k)$ определяет одно из возможных состояний анализируемого объекта, тип самого объекта, принимаемое решение. На рис.1 данная модель представлена в графическом виде.

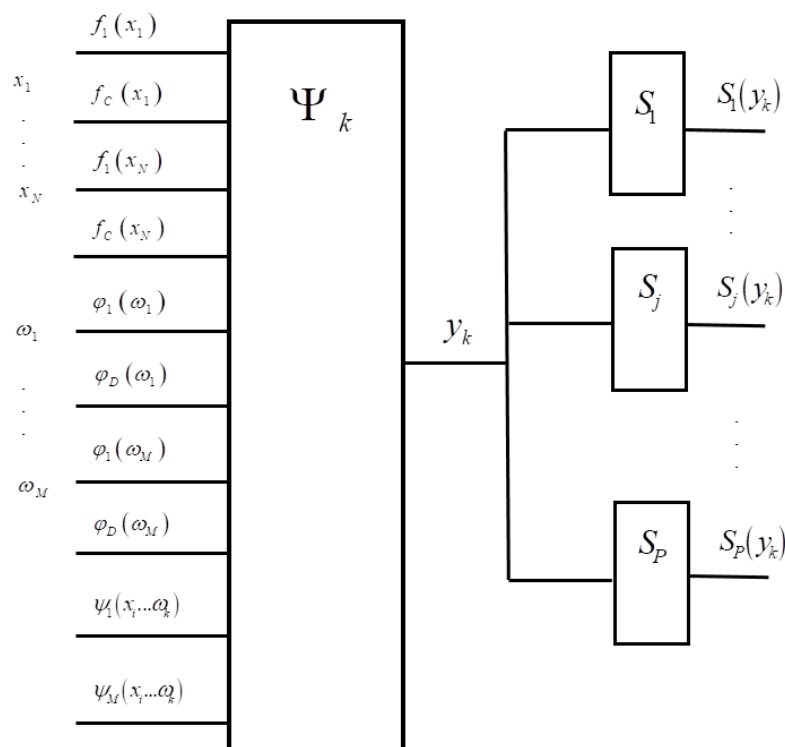


Рисунок 1. Модель базового элемента принятия решений по оценке состояния наблюдаемого объекта

В простейшем случае параметры предлагаемой модели принятия решений будут иметь следующий вид:

$f_l(x_i) = a_l x_i$, где $l = 1..B$; $\varphi_m(\omega_j) = b_m \omega_j$, где $m = 1..C$; a_l, b_m – действительные числа.

$$\psi_n(x_i, \dots, x_j, \dots, x_k, \omega_l, \dots, \omega_m, \dots, \omega_p) = c_n \left(\sum_{i=1}^N r_i x_i + \sum_{j=1}^N s_j \omega_j \right),$$

где $n = 1..D$; $i, j, k \in 1..N$; $l, m, p \in 1..M$; r_i, s_j – действительные числа.

$$y_k = \sum_{l=1}^B u_{l,k} f_l(x_i) + \sum_{m=1}^C v_{m,k} \varphi_m(\omega_j) + \sum_{n=1}^D w_{n,k} \psi_n(x_i, \dots, x_j, \dots, x_k, \omega_l, \dots, \omega_m, \dots, \omega_p),$$

где $k = 1..L$; $u_{l,k}, v_{m,k}, w_{n,k}$ – действительные числа.

$$S_\eta(y_k) = \rho_\eta y_k, \eta = 1..P.$$

Принятие решения о защитном отключении ДГА по параметрам вибрации.

Наиболее важной задачей современных систем вибрационного контроля и диагностики является предотвращение аварийного повреждения защищаемого объекта при внезапном возникновении неисправностей или механических повреждений в его узлах или при существенном отклонении каких-либо технологических параметров от номинальных. Однако факт возникновения ситуации, требующей останова технического объекта, во многих случаях имеет неоднозначное отображение в параметры вибрации. Стандартизованные критерии защиты [4] отражают наиболее общие взаимосвязи, полученные на основе длительного опыта эксплуатации и исследования механизмов с вращательным движением, и далеко не всегда в полной мере могут удовлетворить эксплуатирующий и управляющий персонал.

Системы вибрационного контроля и защиты, построенные на базе компьютерной техники, позволяют реализовать разнообразные и сложные алгоритмы защиты, ориентированные на конкретные типы дефектов и аварийных ситуаций. Это, в свою очередь, позволяет избежать необоснованных («ложная тревога») срабатываний защитного отключения и не допустить «пропуска дефекта» [5,6].

Такой подход реализован в системе виброконтроля ДГА мощностью 5 МВт. ДГА состоит из генератора, редуктора, турбодетандера (турбина, функционирующая на основе использования энергии перепада давления природного газа).

Вибрационное состояние генератора оценивается в соответствии со стандартом 25364 [7], редуктора – в соответствии со стандартом 8579-2 [8], турбодетандера – в соответствии со стандартом 10816-4 [9].

При выработке критериев защитного отключения по вибрации представляется целесообразным учитывать:

- стандартизованные критерии, основанные на оценке величины среднего квадратического значения (СКЗ) виброскорости в частотной полосе 10–1000 Гц;
- особенности отражения определенных типов дефектов, например, дисбаланса, в вибрационный сигнал;
- общее вибрационное состояние составных элементов ДГА.

Это позволяет избежать необоснованных («ложная тревога») срабатываний защитного отключения и не допустить «пропуска дефекта».

Предложено несколько вариантов выработки сигнала защитного отключения по вибрации для генератора (две подшипниковые опоры), редуктора (до 5 точек контроля) и турбодетандера (три точки контроля).

1. Генератор

1.1. Критерий СКЗ виброскорости в нормированной частотной полосе 10–1000 Гц для каждой точки контроля генератора.

Сигнал защитного отключения вырабатывается, если хотя бы для одного виброизмерительного канала генератора выполнится условие:

$$(A_{изм,k,i} \text{ больше } A_{np,k}) \text{ и } (A_{изм,k,i-1} \text{ больше } A_{np,k}) \text{ и } (A_{изм,k,i-2} \text{ больше } A_{np,k}),$$

где

$A_{изм,k,i}$ – значение СКЗ виброскорости для k -го канала генератора, вычисленное в текущий момент времени;

$A_{изм,k,i-1}$ – значение СКЗ виброскорости для k -го канала генератора, вычисленное на предыдущем цикле измерений (цикл измерений для одного канала на ДГА – 2 секунды);

$A_{изм,k,i-2}$ – значение СКЗ виброскорости для k -го канала, вычисленное на пред-
предыдущем цикле измерений.

$A_{np,k}$ – предельный уровень вибрации (СКЗ виброскорости), который задается для каждого виброизмерительного канала. Стандартизованное значение по ГОСТ 25364 – 11.2 мм/с.

Данный алгоритм является самым простым, соответствует стандартам, но не учитывает особенностей вибрационного состояния генератора и недостаточно устойчив к недостоверным данным измерений.

1.2. Критерий СКЗ виброскорости в нормированной частотной полосе по всем точкам контроля генератора.

Сигнал защитного отключения вырабатывается, если хотя бы для одного виброизмерительного канала генератора выполнится условие:

$$(A_{изм,k,i} \text{ больше } A_{np,k}), \text{ а для остальных виброизмерительных каналов (или еще одного}$$

из виброизмерительных каналов) генератора выполнится условие:

$$(A_{изм,m,i} \text{ больше } A_{2KV,k}),$$

где

$A_{изм,k,i}$ – значение СКЗ виброскорости для k -го канала генератора, вычисленное в текущий момент времени;

$A_{изм,m,i}$ – значение СКЗ виброскорости для m -го канала генератора, вычисленное в текущий момент времени;

$A_{2KV,k}$ – второй контрольный уровень вибрации (СКЗ виброскорости), который задается для каждого виброизмерительного канала. Стандартизованное значение по ГОСТ 25364 – 7.1 мм/с.

Данный алгоритм позволяет, в определенной степени, оценить общий уровень вибрационного состояния генератора, более устойчив к недостоверным данным измерений, но также носит достаточно общий характер и не учитывает специфических проявлений дефектов.

1.3. Критерий СКЗ виброскорости в нормированной частотной полосе по всем точкам контроля генератора и с учетом вибрационной составляющей на частоте 50 Гц.

Сигнал защитного отключения вырабатывается, если хотя бы для одного виброизмерительного канала генератора выполнится условие:

$$(A_{изм,k,i} \text{ больше } A_{np,k}) \text{ и } (A_{изм1Об,k,i} \text{ больше } A_{1KV,k}),$$

а для остальных виброизмерительных каналов (или еще одного из виброизмерительных каналов) генератора выполнится условие:

$$(A_{изм,m,i} \text{ больше } A_{2KV,m}) \text{ и } (A_{изм1Об,m,i} \text{ больше } A_{1KV,m}),$$

где

$A_{изм,k,i}$ – значение СКЗ виброскорости для k -го канала генератора, вычисленное в текущий момент времени;

$A_{изм10б,k,i}$ – значение СКЗ виброскорости спектральной составляющей 50 Гц для k -го канала генератора, вычисленное в текущий момент времени;

$A_{изм,m,i}$ – значение СКЗ виброскорости для m -го канала генератора, вычисленное в текущий момент времени;

$A_{1KV,k}$ – первый контрольный уровень вибрации (СКЗ виброскорости), который задается для каждого виброизмерительного канала. Стандартизованное значение по ГОСТ 25364 – 4.5 мм/с.

Данный алгоритм позволяет, в определенной степени, оценить общий уровень вибрационного состояния турбоагрегата и наличие дисбалансов, более устойчив к недостоверным данным измерений, но не учитывает изменений вектора оборотной составляющей.

Генератор имеет две подшипниковые опоры, для каждой опоры вибрация контролируется в горизонтальном и вертикальном направлениях. Таким образом, для генератора вибрация контролируется в четырех точках.

2. Редуктор

2.1. Критерий СКЗ виброскорости в частотной полосе 20 – 2000 Гц для каждой точки контроля редуктора.

Сигнал защитного отключения вырабатывается, если хотя бы для одного виброизмерительного канала редуктора выполнится условие:

$$(A_{изм,k,i} \text{ больше } A_{пр,k}) \text{ и } (A_{изм,k,i-1} \text{ больше } A_{пр,k}) \text{ и } (A_{изм,k,i-2} \text{ больше } A_{пр,k}),$$

где

$A_{изм,k,i}$ – значение СКЗ виброскорости для k -го канала редуктора, вычисленное в текущий момент времени;

$A_{изм,k,i-1}$ – значение СКЗ виброскорости для k -го канала редуктора, вычисленное на предыдущем цикле измерений;

$A_{изм,k,i-2}$ – значение СКЗ виброскорости для k -го канала, вычисленное на пред предыдущем цикле измерений.

$A_{пр,k}$ – предельный уровень вибрации (СКЗ виброскорости), который задается для каждого виброизмерительного канала на основе требований завода изготовителя.

2.2. Критерий СКЗ виброскорости в частотной полосе 20 – 2000 Гц по всем точкам контроля редуктора и с учетом вибрационной составляющей на частоте 160 Гц (частота вращения приводящего вала).

Сигнал защитного отключения вырабатывается, если хотя бы для одного виброизмерительного канала редуктора выполнится условие:

$$(A_{изм,k,i} \text{ больше } A_{пр,k}) \text{ и } (A_{изм160,k,i} \text{ больше } A_{1KV,k}),$$

а для остальных виброизмерительных каналов (или еще одного из виброизмерительных каналов) редуктора выполнится условие:

$$(A_{изм,m,i} \text{ больше } A_{2KV,m}) \text{ и } (A_{изм160,m,i} \text{ больше } A_{1KV,m}),$$

где

$A_{изм,k,i}$ – значение СКЗ виброскорости для k -го канала редуктора, вычисленное в текущий момент времени;

$A_{изм160,k,i}$ – значение СКЗ виброскорости спектральной составляющей 160 Гц для k -го канала редуктора, вычисленное в текущий момент времени;

$A_{изм,m,i}$ – значение СКЗ виброскорости для m -го канала редуктора, вычисленное в текущий момент времени;

$A_{2KV,k}$ – второй контрольный уровень вибрации (СКЗ виброскорости), который задается для каждого виброизмерительного канала редуктора.

$A_{1KV,k}$ – первый контрольный уровень вибрации (СКЗ виброскорости), который задается для каждого виброизмерительного канала редуктора.

Вибрация редуктор контролируется в трёх точках.

3. Турбодетандер

3.1. Критерий СКЗ виброскорости в частотной полосе 20 – 2000 Гц по всем точкам контроля турбодетандера

Сигнал защитного отключения вырабатывается, если хотя бы для одного виброизмерительного канала турбодетандера выполнится условие:

$$(A_{изм,k,i} \text{ больше } A_{пр,k}),$$

а для остальных виброизмерительных каналов (или еще одного из виброизмерительных каналов) турбодетандера выполнится условие:

$$(A_{изм,m,i} \text{ больше } A_{2KV,k}),$$

где

$A_{изм,k,i}$ – значение СКЗ виброскорости для k -го канала турбодетандера, вычисленное в текущий момент времени;

$A_{изм,m,i}$ – значение СКЗ виброскорости для m -го канала турбодетандера, вычисленное в текущий момент времени;

$A_{2KV,k}$ – второй контрольный уровень вибрации (СКЗ виброскорости), который задается для каждого виброизмерительного канала турбодетандера.

3.2. Критерий СКЗ виброскорости в частотной полосе 20 – 2000 Гц по всем точкам контроля турбодетандера и с учетом вибрационной составляющей на частоте 160 Гц (частота вращения)

Сигнал защитного отключения вырабатывается, если хотя бы для одного виброизмерительного канала турбодетандера выполнится условие:

$$(A_{изм,k,i} \text{ больше } A_{пр,k}) \text{ и } (A_{изм160,k,i} \text{ больше } A_{1KV,k}),$$

а для остальных виброизмерительных каналов (или еще одного из виброизмерительных каналов) турбодетандера выполнится условие:

$$(A_{изм,m,i} \text{ больше } A_{2KV,k}),$$

где

$A_{изм,k,i}$ – значение СКЗ виброскорости для k -го канала турбодетандера, вычисленное в текущий момент времени;

$A_{изм160,k,i}$ – значение СКЗ виброскорости спектральной составляющей 160 Гц для k -го канала редуктора, вычисленное в текущий момент времени;

$A_{изм,m,i}$ – значение СКЗ виброскорости для m -го канала турбодетандера, вычисленное в текущий момент времени;

$A_{1KV,k}$ – первый контрольный уровень вибрации (СКЗ виброскорости), который задается для каждого виброизмерительного канала турбодетандера.

$A_{2KV,k}$ – второй контрольный уровень вибрации (СКЗ виброскорости), который задается для каждого виброизмерительного канала турбодетандера.

Вибрация турбодетандера контролируется в трёх точках, вертикальное, горизонтальное и осевое направление.

Предложенные алгоритмы формирования защитного отключения по вибрации учитывают определенные взаимосвязи реального технического состояния ДГА с вибрационными колебаниями, возбуждаемыми на его подшипниковых опорах и корпусах. Однако они имеют специализированный характер, т.е. ориентируются на конкретный технический объект, более сложны в реализации и трудоемки при реализации методик проверки их функциональности.

Очевидно, что подобные алгоритмы должны развиваться и совершенствоваться по принципу «от простого к сложному». Но, вместе с тем, на ДГА, представляется возможным опробовать и некоторые сложные алгоритмы с той целью, чтобы в дальнейшем их внедрять и на основных турбоагрегатах.

Сигнал на защитное отключение контролируемого механизма вырабатывается в том случае, если он выработан по одному из указанных критериев, или по нескольким критериям одновременно [6–10].

Формализация системы принятия решения о защитном отключении.

Для реализации данной системы принятия решения о защитном отключении в качестве входных данных применяется характеристика:

$TI_j(x_0, \dots, x_{N-1})$, $j = 1..10$ – временная реализация вибрационного сигнала.

M – число точек контроля для наблюдаемого ДГА.

τ – дискретное время, определяющее периодичность получения исходных вибрационных сигналов.

Функция $\varphi_{1,j}[TI_j(x_0, \dots, x_{N-1}), \tau_\Delta]$, $j = 1..4$, $\Delta = 1, 2, \dots$ предназначена для вычисления СКЗ частотной полосе 10–1000 Гц для каждой точки контроля генератора.

Функция $\varphi_{2,j}[TI_j(x_0, \dots, x_{N-1}), \tau_\Delta]$, $j = 1..4$, $\Delta = 1, 2, \dots$ предназначена для вычисления СКЗ виброскорости оборотной составляющей вибрации генератора $A_{CCVg,j}$ (circulating component of vibration), равной 50 Гц.

Функция $\varphi_{3,j}[TI_j(x_0, \dots, x_{N-1}), \tau_\Delta]$, $j = 5..10$, $\Delta = 1, 2, \dots$ предназначена для вычисления СКЗ частотной полосе 20–2000 Гц для каждой точки контроля редуктора и турбодетандера.

Функция $\varphi_{4,j}[TI_j(x_0, \dots, x_{N-1}), \tau_\Delta]$, $j = 5..10$, $\Delta = 1, 2, \dots$ предназначена для вычисления СКЗ виброскорости оборотной составляющей вибрации редуктора и турбодетандера генератора $A_{CCVrd,j}$, равной 160 Гц.

Обобщающие функции первого уровня имеют вид:

$$y_{1,\Delta} = \Psi_{1,1,\Delta}[\varphi_{1,j,\Delta}(\); \tau_\Delta; j = 1..4; \Delta = 1, 2, \dots];$$

$$y_{2,\Delta} = \Psi_{1,2,\Delta}[\varphi_{2,j,\Delta}(\); \tau_\Delta; j = 1..4; \Delta = 1, 2, \dots];$$

$$y_{3,\Delta} = \Psi_{1,3,\Delta}[\varphi_{1,j,\Delta}(\); \varphi_{2,j,\Delta}(\); \tau_\Delta; j = 1..4; \Delta = 1, 2, \dots];$$

$$y_{4,\Delta} = \Psi_{1,4,\Delta}[\varphi_{3,j,\Delta}(\); \tau_\Delta; j = 5..7; \Delta = 1, 2, \dots];$$

$$y_{5,\Delta} = \Psi_{1,5,\Delta}[\varphi_{3,j,\Delta}(\); \varphi_{4,j,\Delta}(\); \tau_\Delta; j = 5..7; \Delta = 1, 2, \dots];$$

$$y_{6,\Delta} = \Psi_{1,6,\Delta}[\varphi_{3,j,\Delta}(\); \tau_\Delta; j = 8..10; \Delta = 1, 2, \dots];$$

$$y_{7,\Delta} = \Psi_{1,7,\Delta}[\varphi_{3,j,\Delta}(\cdot); \varphi_{4,j,\Delta}(\cdot); \tau_{\Delta}; j = 8..10; \Delta = 1,2,\dots.];$$

Результатом каждой из обобщающих функций первого уровня $\Psi_{1,k,\Delta}(\cdot)$, $k = 1..7$; является $y_{k,\Delta}$, которое принимает два значения: ноль или единица. $y_{k,\Delta}$ являются входными параметрами $x_{k,\Delta}$ для обобщающей функции второго уровня:

$$z_{\Delta} = \Psi_{2,\Delta}(x_{1,\Delta} = y_{1,\Delta}, x_{2,\Delta} = y_{2,\Delta}, x_{3,\Delta} = y_{3,\Delta}, x_{4,\Delta} = y_{4,\Delta}, x_{5,\Delta} = y_{5,\Delta}, x_{6,\Delta} = y_{6,\Delta}, x_{7,\Delta} = y_{7,\Delta}).$$

Результат обобщающей функции второго уровня z_{Δ} . Значение $z_{\Delta}=1$ соответствует решению о срабатывании защитного отключения. Значение $z_{\Delta}=0$ соответствует нормальному режиму эксплуатации контролируемого объекта.

Заключение.

Предложенная модель базового элемента системы принятия решений позволяет конфигурировать различные структуры, предназначенные для оценки состояния сложных технических и природных объектов. Представлен пример реализации системы принятия решений по оценке состояния многоопорного энергетического агрегата, как комбинации базовых решающих модулей, которая введена в промышленную эксплуатацию [11,12]. Рассмотренный подход может быть использован при моделировании разнообразных систем, принимающих решения, в том числе и живых организмов, управляющим устройством которых является многоуровневая, многослойная, объемная нейронная сеть, типовой элемент которой имеет вид предложенного базового элемента принятия решений.

Список использованных источников

- [1] Неразрушающий контроль: справочник. Том 7. Книга 2. Вибродиагностика / Ф. Я. Балицкий и др. – М.: Машиностроение, 2005. – 485 с.
- [2] Bently, D. E. Fundamentals of Rotating Machinery Diagnostics / D. E. Bently, C. N. Hatch, B. Grissom. – Canada: Bently pressurized bearing company, 2002. – 726 pp.
- [3] Ширман, А. Р. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования / А. Р. Ширман, А. Б. Соловьев. – Москва, 1996. – 276 с.
- [4] ГОСТ ИСО 10816-1-97. Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Ч.1. Общие требования.
- [5] Brancevich, P., Organization of the vibration-based monitoring and diagnostics system for complex mechanical system / P. Brancevich, X. Miao, Y. Li // Proceedings of the 20th International Congress on Sound and Vibration. Bangkok. Thailand. 7-11 July, 2013.
- [6] Бранцевич, П. Ю. Организация и алгоритмы системы вибрационного контроля и оценки технического состояния турбоагрегатов по вибрационным параметрам / П. Ю. Бранцевич, С. Ф. Костюк, Г. Г. Соболев // Проблемы вибрации, виброналадки, вибромониторинга и диагностики оборудования электрических станций: сб. докладов; под общей редакцией А. В. Салимона. – М.: ВТИ. – 2003. – С. 25–29.
- [7] ГОСТ 25364-97. Агрегаты паротурбинные стационарные. Нормы вибрации опор валопроводов и общие требования к проведению измерений.
- [8] ГОСТ Р ИСО 8579-2-99 (СТБ ИСО 8579-2-2001). Вибрация. Контроль вибрационного состояния зубчатых механизмов при приемке продукции.
- [9] ГОСТ Р ИСО 10816-4-98. Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Ч.4. Газотурбинные установки.
- [10] Бранцевич П. Ю. ИВК «Лукомль-2001» для вибрационного контроля / П. Ю. Бранцевич // Энергетика и ТЭК. – 2008. – № 12 (69). – С. 19–21.
- [11] Бранцевич, П. Ю. Большие данные в системах вибрационного контроля, мониторинга, диагностики / П. Ю. Бранцевич, Е. Н. Базылев // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2016. – № 3. – С. 28–41.
- [12] Brancevich, P. Detection of vibration disturbances during the analysis of long realisations of vibration signals / P. Brancevich, Y. Li // 25-th International Congress on Sound and Vibration. Hiroshima. Japan. 8-12 July. 2018.

DECISION-MAKING IN TASKS RELATED TO THE PROCESSING OF VIBRATION SIGNALS

P.J. BRANCEVICH

Grand PhD courses

Educational institution "Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics", Republic of Belarus

E-mail: branc@bsuir.edu.by

Abstract. Since the beginning of the 90s, the laboratory of vibration diagnostic systems has begun the introduction and industrial operation of computer systems for continuous vibration control and monitoring of complex rotary-type units, which form time trends for 14 vibration parameters with a time step of 1-8 seconds for each point (12-33) control at the operating facility. With the accumulation of data, there was a need to create automated and automatic decision-making systems both for solving problems of technical diagnostics and for automatic protective shutdowns in the event of emergency situations during the operation of power turbine units. The functionality of a universal decision-making module based on the parameters and characteristics of the observed object is proposed. An example of the implementation of a decision-making system for automatic protective shutdown based on the analysis of the vibrational state during the operation of an expander-generator unit (EGA) is given.

Keywords: vibration, signal, analysis, parameter, characteristic, solution.

УДК 378.145:004.4

ДИАГРАММА ГАНТА ДЛЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ



В.Ф. Алексеев
доцент кафедры
проектирования
информационно-
компьютерных
систем БГУИР,
кандидат технических
наук, доцент



Д.В. Лихачевский
декан факультета
компьютерного
проектирования
БГУИР, кандидат
технических наук,
доцент



Г.А. Пискун
доцент кафедры
проектирования
информационно-
компьютерных
систем БГУИР,
кандидат технических
наук, доцент



И.В. Андриялович
заместитель декана
факультета
компьютерного
проектирования
БГУИР, аспирант
кафедры ИПиЭ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

E-mail: alexvikt.minsk@gmail.com, likhachevskiyd@bsuir.by, piskunbsuir@gmail.com

В.Ф. Алексеев

Окончил Минский радиотехнический институт. Область научных интересов связана с разработкой методов и алгоритмов построения информационно-компьютерных систем, организацией учебного и научно-исследовательского процессов в техническом университете.

Д.В. Лихачевский

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов связана с исследованием проблем радиочастотной идентификации объектов, организацией учебного и научно-исследовательского процессов в техническом университете.

Г.А. Пискун

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов связана с разработкой методов и алгоритмов построения информационно-компьютерных систем, организацией учебного и научно-исследовательского процессов в техническом университете.

И.В. Андриялович

Окончила Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов связана с исследованием проблем психологического выгорания профессорско-педагогического состава учреждений высшего образования.

Аннотация. В статье рассмотрены подходы к разработке диаграммы Ганта для организации дипломного проектирования на технической кафедре университета.

Показано, что организация дипломного проектирования является сложным процессом и может рассматриваться как проект, в процессе выполнения которого предполагается, что для его успешного завершения необходимо контролировать большое количество организационных мероприятий и следить за их выполнением в соответствии с графиком учебного процесса.

Сделан вывод о том, что диаграмма Ганта является достаточно хорошим инструментом управления проектами, помогает в планировании и составлении графиков учебного процесса любого размера.

Ключевые слова: диаграмма Ганта, дипломное проектирование, планирование ресурсов, учебный процесс.

Введение.

Организация дипломного проектирования является достаточно сложным процессом и может рассматриваться как проект, в процессе выполнения которого предполагается, что для его успешного завершения нам необходимо контролировать большое количество действий и следить за их выполнением в соответствии с графиком.

На кафедре проектирования информационно-компьютерных систем БГУИР работу по организации дипломного проектирования курирует один из доцентов, на которого возложен весь бизнес-процесс по данному направлению. Если он или руководители и консультанты по проекту пропустят крайние сроки или закончат задачу не по порядку, это может иметь косвенные последствия для остальной части проекта. В результате может быть сорван график учебного процесса, что повлечет за собой целый ряд нежелательных последствий. Вот почему полезно иметь возможность видеть все, что нужно сделать, и сразу знать, когда каждое действие должно быть завершено [1–10].

Подходы при разработке концепции диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – это инструмент управления проектами, помогающий в планировании и составлении графиков учебного процесса любого размера. Временные шкалы и задачи управления проектом преобразуются в горизонтальную гистограмму, показывающую даты начала и окончания, а также зависимости, расписание и сроки, включая то, какая часть задачи выполнена на каждом этапе, и кто является ответственным за ее выполнение. Это полезно для отслеживания задач, когда есть большая команда, а на кафедре ПИКС это команда из более чем 40 руководителей и консультантов, а также 200 студентов-дипломников. При изменении области действия в них участвует достаточно большое число заинтересованных сторон.

Основная концепция диаграммы Ганта состоит в том, чтобы показать, какие задачи можно выполнять параллельно, а какие необходимо выполнять последовательно. Если мы объединим это с ресурсами проекта, то сможем найти компромисс между объемом (выполнение большего или меньшего количества работы), количеством лиц, привлекаемых для выполнения проекта (использование большего или меньшего количества ресурсов) и временными масштабами проекта. Добавляя больше ресурсов или уменьшая масштаб, можно увидеть эффект на дату окончания.

Чтобы создать диаграмму, необходимо знать все отдельные задачи, необходимые для завершения проекта, оценку того, сколько времени займет каждая задача и какие задачи зависят от других. Сам процесс объединения этой информации помогает ответственному за дипломное проектирование на кафедре (руководителю и консультанту проекта) сосредоточиться на основных частях проекта и начать устанавливать реалистичные сроки завершения с учетом графика учебного процесса.

Сказанное позволяет сделать вывод о том, что:

- при настройке диаграммы Ганта необходимо продумать все задачи, связанные с проектом и разделить их на управляемые компоненты;
- решить, кто будет отвечать за каждую задачу и делегировать полномочия команде;
- определить отношения задач и выбрать последовательность дат завершения для каждой задачи, показав ожидаемую продолжительность всего проекта и подзадач. Диаграмма Ганта будет отображать задачи в последовательном порядке и отображать зависимости задач (т.е. то, как одна задача связана с другой).
- определить и распределить все ресурсы;
- предвидеть риски и проблемы, с которыми можно столкнуться, и разработать план действий на случай возникновения потенциальных проблем.

Диаграмма Ганта для планирования организации дипломного проектирования будет использоваться при выполнении следующих действий:

- установления первоначального график проекта с учетом графика учебного процесса БГУИР – кто что будет делать, когда и сколько времени это займет;

- распределения ресурсов – необходимости убедиться, что все знают, кто за что отвечает;
- внесения корректив в проект – первоначальный план может потребовать некоторых корректировок;
- контроля графика проекта и выдачи сообщений о ходе выполнения дипломного проектирования – четкие визуальные эффекты для заинтересованных сторон и участников, что помогает не отставать от графика;
- отображения вех – показывает ключевые события;
- выявление проблем и сообщение о них. Поскольку все отображается визуально, то можно сразу увидеть, что должно быть достигнуто к определенной дате, и, если проект отстает от графика, принять меры, чтобы вернуть его в нужное русло.

Вместе с тем диаграммы Ганта не идеальны и могут стать достаточно сложными из-за слишком большого количества зависимостей и действий. Лучше составить четкий и простой план, в котором кратко показаны основные рабочие моменты, чем план с таким большим количеством деталей, что общее впечатление о ходе проекта будет потеряно.

Диаграммы Ганта также не совсем хорошо отображают относительные приоритеты отдельных задач и ресурсы, затраченные на задачу. Они могут четко показать прошедшее время задачи, но не могут легко сообщить, сколько людей может понадобиться для ее выполнения. Именно здесь становится полезным использование дополнительных методов, таких как, например, диаграмма предшествования (иногда называемая диаграммой PERT).

Построение диаграммы Ганта.

Диаграмму Ганта целесообразно построить в Excel. Сначала необходимо сформировать задачи проекта, день запуска и день окончания задачи, дни, оставшиеся до завершения или продолжительность задачи. Для расчета продолжительности можно использовать синтаксис:

=РАЗНДАТ(нач_дата; кон_дата; единица)

Фрагмент формирования таблицы представлен на рисунке 1.

Наименование задачи	День запуска задачи	День окончания задачи	Продолжительность
Утверждение нагрузки по дипломному проектированию на следующий учебный год	01.06.2021	25.06.2021	24
Информационная поддержка портала "Дипломное проектирование"	01.09.2021	30.06.2022	302
Формирование тем дипломных проектов и утверждение тем на заседании кафедры	01.09.2021	15.09.2021	14
Создание GoogleФормы электронной регистрации заявлений на утверждение темы ДП	01.09.2021	25.09.2021	24
Электронная регистрация заявлений на утверждение тем дипломных проектов	01.10.2021	15.11.2021	45
Уточнение тем дипломных проектов, руководителей и консультантов	16.11.2021	10.12.2021	24
Утверждение тем дипломных проектов, руководителей и консультантов на заседании кафедры	11.12.2021	20.12.2021	9
Формирование проекта приказа об утверждении тем дипломных проектов	21.12.2021	10.01.2022	20
Согласование проекта приказов об утверждении тем дипломных проектов через СМЛО	11.01.2022	15.01.2022	4

Рисунок 1. Фрагмент формирования таблицы «Задачи» в Excel

Диаграмма позволяет показать взаимосвязь между задачами в проекте. Некоторые задачи нужно будет выполнить, прежде чем можно будет приступить к следующей, а другие

задачи не могут закончиться, пока не закончатся предыдущие. Эти зависимые действия называются «последовательными» или «линейными» задачами. Остальные задачи будут «параллельными», т.е. их можно выполнять одновременно с другими задачами. Нам не обязательно выполнять их последовательно, но иногда может понадобиться выполнить другие задачи в первую очередь. В диаграммах Ганта есть три основных отношения между последовательными задачами:

– *Finish to Start (FS)* – задачи *FS* не могут начаться до завершения предыдущей (и связанной с ней) задачи. Однако они могут начаться позже;

– *Start to Start (SS)* – задачи *SS* не могут запускаться до тех пор, пока не запустится предыдущая задача. Однако они могут начаться позже;

– *Finish to Finish (FF)* – задачи *FF* не могут завершиться до завершения предыдущей задачи. Однако они могут закончиться позже;

Четвертый тип, *Start to Finish (SF)*, встречается очень редко.

Можно предложить следующий общий алгоритм создания диаграммы Ганта в Excel:

1. Внести информацию о проекте в таблицу.
2. Создать линейчатую диаграмму в Excel.
3. Добавить в график данные о длительности задач.
4. Добавить в график описание задач.
5. Преобразовать линейчатую диаграмму в диаграмму Ганта.
6. Улучшить дизайн построенной в Excel диаграммы Ганта.

Для создания диаграммы Ганта можно использовать имеющиеся шаблоны, например которые размещены на <https://gantpro.com/ru/gantt-chart-template/> [11]. Это позволяет сразу же начать работу над проектом благодаря готовой структуре шаблонов. При этом любой готовый шаблон легко настроить под себя. Его даже можно сохранить как шаблон и использовать в будущем. Возможное формирование проекта «Дипломное проектирование» в диаграмме Ганта с использованием готового шаблона может быть достаточно легко реализовано, например, под собственный проект при использовании схемы, представленной на рисунке 2.

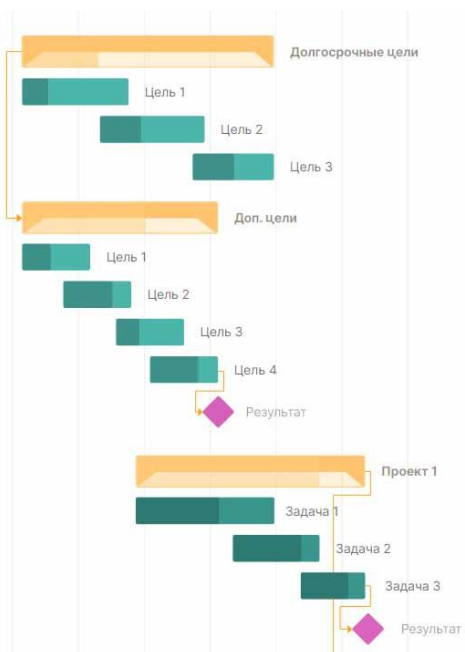


Рисунок 2. Возможное формирование проекта «Дипломное проектирование» в диаграмме Ганта с использованием шаблона

Работать с диаграммой Ганта в Excel проще, если проект ведется самостоятельно либо в небольшой команде. Если планируется многоуровневый проект, то решить эту проблему позволяет специальный инструмент для построения диаграммы Ганта [11]. С его помощью можно быстро и легко создать график, управлять им, а также централизованно хранить всю информацию о плане в одном месте.

Задачи, представленные на рисунке 1, при использовании готового шаблона могут быть несколько изменены или импортированы в готовый шаблон.

Можно предложить следующий алгоритм действий:

1. Зарегистрируйтесь в приложении, используя E-mail.

2. Затем перейдите к добавлению нового проекта. В окне, появившемся после регистрации, нажмите «Создать новый проект». Настройте рабочий календарь, выберите дни для работы и отдыха, задайте единицу планирования проектов (от часов до месяцев).

Если проект был создан, например в Excel, то его можно импортировать в GanttPRO. Таким образом, вся ранее созданная информация сохранится, и не придется тратить время на ее восстановление.

3. Когда основные параметры будущего проекта будут заданы, следует использовать «Создать новый проект». В рабочем поле буквально за несколько секунд можно начать создавать задачи. Для этого кликните на «Добавить задачу» слева от временной шкалы (рисунок 3).

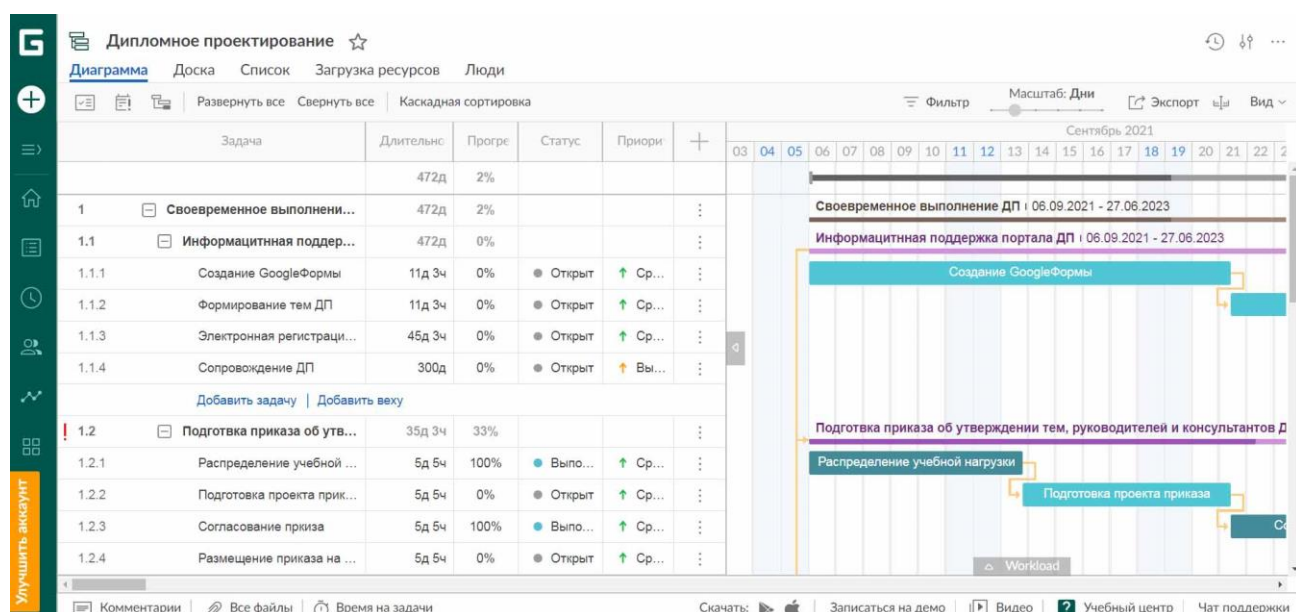


Рисунок 3. Фрагмент формирования задач «Дипломное проектирование» для диаграммы Ганта с использованием шаблона в GanttPRO

К преимуществам работы с диаграммой Ганта в GanttPRO можно отнести:

- простой и интуитивный интерфейс, который позволяет построить график в считанные минуты;
- возможность автоматического планирования;
- создание подзадач, групп задач, вех и зависимостей;
- оповещения в режиме реального времени и контроль дедлайнов;
- управление рабочей загрузкой;
- возможность оставлять комментарии, упоминать коллег, прикреплять файлы;
- управлять портфелем проектов;
- создание собственного шаблона для использования в будущем;

– другие преимущества.

Чем лучше проектный менеджер справляется с несколькими задачами одновременно, тем выше вероятность своевременного и успешного завершения проекта. Диаграмма Ганта – полезный инструмент, который поможет добиться этих целей.

При создании диаграммы Ганта в *On-Line* режиме «Автопланирование» включено по умолчанию для новых проектов. В случае необходимости можно отключить его и использовать ручное планирование. Режим автоматического планирования позволяет автоматически пересчитывать длительность задач, принимая в расчет дату старта и сроки выполнения задачи, исходя из заданных связей между задачами. Иногда можно столкнуться ситуациями, в которых последующая задача должна начинаться с задержкой после окончания предыдущей. Или же наоборот – последующая задача начинается в то время, как предыдущая еще находится в процессе выполнения (наложение). GanttPRO позволяет сохранять задержку между задачами или начинать последующие задачи в то время, как предыдущая еще находится в процессе выполнения, даже если включен режим автоматического планирования. Таким образом, даже если необходимо передвинуть группу задач на временной шкале, зависимости между задачами и их смещения будут сохраняться в том виде, в каком мы их задали.

Заключение.

Показано, что *On-Line* диаграмма Ганта GanttPRO позволяет реализовать бизнес-стратегию и достигнуть цели организации дипломного проектирования на технической кафедре университета. Она позволяет эффективно управлять проектами, ресурсами, взаимодействовать с командой и отслеживать затраченное время на выполнение проектных задач.

Список использованных источников

[1] Алексеев, В. Ф. Подходы к формированию исходных требований дипломного проекта по автоматизации деятельности кафедры / В. Ф. Алексеев, А. Ю. Писарчик, А. Д. Сыс // *Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации* : сборник статей ЛП Международной научно-практической конференции, Пенза, 15 января 2022 г.: в 2 ч. Ч. 2. / Международный центр научного сотрудничества «Наука и просвещение» ; редкол.: Г. Ю. Гуляев [и др.]. – Пенза, 2022. – С. 121–123.

[2] Алексеев, В. Ф. Обеспечение работоспособности программного средства по автоматизации документооборота дипломного проектирования / В. Ф. Алексеев, А. Ю. Писарчик, А. Д. Сыс // *Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации* : сборник статей ЛП Международной научно-практической конференции, Пенза, 15 января 2022 г.: в 2 ч. Ч. 1. / Международный центр научного сотрудничества «Наука и просвещение» ; редкол.: Г. Ю. Гуляев [и др.]. – Пенза, 2022. – С. 100–102.

[3] Алексеев, В. Ф. Дуализм инновационных подходов при организации учебного процесса в вузе / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский // *Высшая школа*. – 2019. – № 1 (129). – С. 46–48.

[4] Алексеев, В.Ф. Методологические особенности формирования информационной компетентности студентов / В.Ф. Алексеев, Л.С. Алексеева, Д.В. Лихачевский // *Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века* : материалы XI Международной научно-методической конференции, Минск, 12-13 декабря 2019 г. / редкол. : В. А. Прытков [и др.]. – Минск : БГУИР, 2019. – С. 46-47.

[5] Алексеев, В. Ф. Концептуальные подходы при разработке образовательного стандарта поколения 3+ специальности «Моделирование и компьютерное проектирование радиоэлектронных средств» / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский, Г. А. Пискун // *BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: VII Международная научно-практическая конференция [Электронный ресурс]* : сборник материалов VII Международной научно-практической конференции, Минск, 19-20 мая 2021 года / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск, 2021. – С. 253–261. – Режим доступа : http://bigdataminsk.bsuir.by/files/2021_materialy.pdf.

[6] Алексеев, В.Ф. Подходы к формированию базовых и промежуточных цифровых навыков, необходимых для успеха в работе и жизни / Алексеев В.Ф. // *Непрерывное профессиональное образование лиц с особыми потребностями: сборник статей III Международной научно-практической конференции*, Минск, 5 декабря 2019 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; редкол. : А. А. Охрименко [и др.]. – Минск: БГУИР, 2019. – С. 10–14.

[7] Алексеев, В. Ф. Познавательная деятельность студентов в условиях разных моделей обучения / В. Ф. Алексеев, Л. С. Алексеева, Д. В. Лихачевский // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века : материалы XI Международной научно-методической конференции, Минск, 12-13 декабря 2019 г. / редкол. : В. А. Прытков [и др.]. – Минск : БГУИР, 2019. – С. 44-45.

[8] Алексеев, В. Ф. Особенности обучения студентов в on-line формате / В.Ф. Алексеев, Г.А. Пискун, Д.В. Лихачевский // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века : материалы X международной научно-методической конференции (Минск, 7 - 8 декабря 2017 года). – Минск : БГУИР, 2017. – С. 136 - 137.

[9] Алексеев, В. Ф. Инженерное творчество в системе многоуровневого университетского образования / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский, Г. А. Пискун // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века : материалы X международной научно-методической конференции (Минск, 7 - 8 декабря 2017 года). – Минск : БГУИР, 2017. – С. 124 - 125.

[10] Алексеева, Л.С. Дидактическая специфика деятельности преподавателей и студентов в процессе дистанционного обучения / Л.С. Алексеева, В.Ф. Алексеев, Г.А. Пискун // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века: материалы VIII международной научно-методической конференции. (Минск, 5–6 декабря 2013 года). – Минск: БГУИР, 2013. – С. 59 - 60.

[11] Бесплатные шаблоны диаграммы Ганта в Excel, Google таблицах и GanttPRO: [Электронный ресурс]. URL: <https://ganttpro.com/ru/gantt-chart-template/>. (Дата обращения: 21.03.2022).

GANTT CHART FOR THE PLANNING OF THE ORGANIZATION OF THE THEM

V.F. ALEKSEEV
*Associate Professor,
Department of
Information Computer
Systems Design, PhD of
Technical sciences,
Associate Professor*

D.V. LIKHACHEVSKY
*Dean of the Faculty of
Computer Design of
BSUIR,
PhD of Technical
Sciences, Associate
Professor*

G.A. PISKUN
*Associate Professor of
the Department of
Design of Information
and Computer Systems
of BSUIR, PhD of
Technical Sciences,
Associate Professor*

I.V.ANDRYALOVICH
*Deputy Dean of the
Faculty of Computer
Design of BSUIR,
postgraduate student of
the Department of IP&E*

*Department of Information and Computer Systems Design
Faculty of Computer Engineering
Belarusian State University of computer science and Radio Electronics, Republic of Belarus
E-mail: alexvikt.minsk@gmail.com*

Abstract. The article discusses approaches to the development of a Gantt chart for the organization of graduation design at the technical department of the university.

It is shown that the organization of diploma design is a complex process and can be considered as a project in the course of which it is assumed that for its successful completion it is necessary to control a large number of organizational activities and monitor their implementation in accordance with the schedule of the educational process.

It is concluded that the Gantt chart is a fairly good project management tool that helps in planning and scheduling the educational process of any size.

Keywords: Gantt chart, graduation design, resource planning, educational process.

УДК 159.9.072

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИЙ ПО ИЗОБРАЖЕНИЯМ ЛИЦ



И.Г. Шупейко
доцент кафедры инженерной психологии и эргономики Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники



Л. А. Хаткевич
Старший преподаватель кафедры теории вероятностей и математической статистики Белорусского государственного университета



Е.Е. Семёнов
Математик-программист

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь
E-mail: shupeyko@bsuir.by, lyudmila.khatkevich@yandex.by

И.Г. Шупейко

Доцент кафедры инженерной психологии и эргономики Белорусского государственного университета информатики, и радиоэлектроники, кандидат психологических наук, доцент. Научные интересы: методы инженерно-психологического проектирования систем «человек-машина-среда», использование компьютерных технологий в инженерно-психологических исследованиях.

Л.А. Хаткевич

Старший преподаватель кафедры теории вероятностей и математической статистики Белорусского государственного университета. Окончила Белорусский государственный университет. Научные интересы: методы обработки и распознавания цифровых изображений.

Е.Е. Семёнов

Математик-программист, закончил факультет прикладной математики Белорусского государственного университета в 2021 г.

Аннотация. В статье показана актуальность задачи распознавания эмоций по изображениям лиц. Приведено описание архитектуры нейронной сети, примененной для решения задачи. Описаны результаты экспериментального исследования точности классификации на выборке изображений из интернет-источника.

Ключевые слова: задачи распознавания, обработка цифровых изображений, нейронные сети, точность классификации.

Введение

Технологии распознавания эмоций активно применяются во многих областях жизни. Распознавание эмоций используют для предупреждения насилия как в общественных местах, так и дома. Система распознавания эмоций может быть использована для оценки степени удовлетворенности клиентов фирмы (например, кафе, отделения банка) по данным

видеонаблюдения. Еще одна сфера приложения - в роли помощника в работе отдела кадров на этапе первичного отбора персонала.

Большинство существующих систем распознавания эмоций основано на анализе выражения лица, голоса человека, выделении ключевых слов. Так, при визуальном анализе приподнятые уголки рта свидетельствуют о том, что человек в хорошем настроении, а наморщенный нос — что он злится или испытывает отвращение.

В данной статье распознавание эмоций осуществляется по изображениям в цифровом формате. Для распознавания применены методы глубокого обучения [1, 2].

Архитектура сверточной нейронной сети

Сверточные сети – это нейронные сети, в которых вместо операции умножения входов на матрицу весов, по крайней мере в одном слое, используется свертка [3, 4].

Прототип модели нейронной сети, используемой для распознавания эмоций, является: C P C P C P C P C P F F F F:

- C - сверточный слой(convolution layer),
- P - слой пулинга(pooling layer),
- B - слой групповой нормализации(batch normalization layer),
- F - соединенный слой(fully connected layer),
- D - слой отбрасывания(drop out layer).

Модель является представителем семейства VGG моделей и характеризуется большим количеством сверточных слоев с малым размером ядра 3x3.

Главной проблемой в работе определено переобучение, связанное с качеством набора данных [4].

Для устранения переобучения нейронной сети уменьшено количество нейронов на выходе первого соединенного слоя до 1000. Для устранения переобучения также был применен метод ранней остановки, удалены указанные слои. Для увеличения скорости вычислений и устранения внутреннего ковариационного сдвига[5] были добавлены блоки групповой нормализации. В целях улучшения временных показателей обучения модели, была осуществлена перемена мест слоев пулинга и ReLU. В последнем слое пулинга размер ядра был сменен на 3. Первый и последний пункты связаны с меньшим размером изображений в сравнении с теми, которые использовались вместе с прототипом модели.

После фиксирования архитектуры были проведены автоматизированные исследования с целью найти оптимальные гиперпараметры и получить лучшую модель. Использовался поиск по сетке для определения оптимального количества эпох и размера групп, а также случайный поиск для определения наилучших весов [6]. Были установлены следующие оптимальные параметры: 11 больших эпох, 1,2 малые эпохи и 128 изображений в группе. Большая эпоха - итерация с шагом оптимизатора 0.001. Малая эпоха - итерация с шагом оптимизатора 0.0001.

Во всех исследованиях использовался только графический процессор. Графические процессоры обладают большим числом ядер, что позволяет превосходить центральные процессоры в объеме производимых однотипных вычислений за единицу времени с максимальным использованием распараллеливания. В таблице1 представлено время обучения в минутах для CPU и GPU.

Таблица 1. Сравнение временных показателей

тип процессора	1 эпоха	5 эпох	10 эпох
CPU	5.52	27.25	54.67
GPU	0.25	1.25	2.5

Результаты практического исследования

Исходный набор данных FER-2013 (распознавание эмоций лица) [2] - состоит из 35,887 размеченных черно-белых изображений с разрешением 48×48. Набор данных является сложным, поскольку в нем присутствуют изображения разных полов и возрастов людей, находящихся в разнообразных позах. Такие особенности набора данных отражают реальные условия задачи распознавания. Набор изначально разделен на обучающую, проверочную и тестовую выборки, по 28,709, 3,589, и 3,589 изображений соответственно. Каждому изображению ставится в соответствие одна из семи эмоций: злость, отвращение, страх, счастье, грусть, удивление, нейтральность. Из набора данных удалена эмоция отвращения, поскольку она представлена небольшим количеством изображений.

На рисунке 1 представлена матрица ошибок распознавания эмоций для первой модели. На пересечении *i*-ой строки и *j*-ого столбца матрицы расположена плитка, цвет которой зависит от количества изображений, ответ модели для которых равен значению *i*, а метка из набора данных соответствует значению столбца *j*. Для каждой плитки указано точное количество таких изображений. Диагональные плитки соответствующие правильной классификации, являются самыми темными, что говорит о корректной работе модели и высоких показателях точности. Также можно заметить сложность дифференцирования между собой некоторых эмоций, например, нейтральности и грусти.

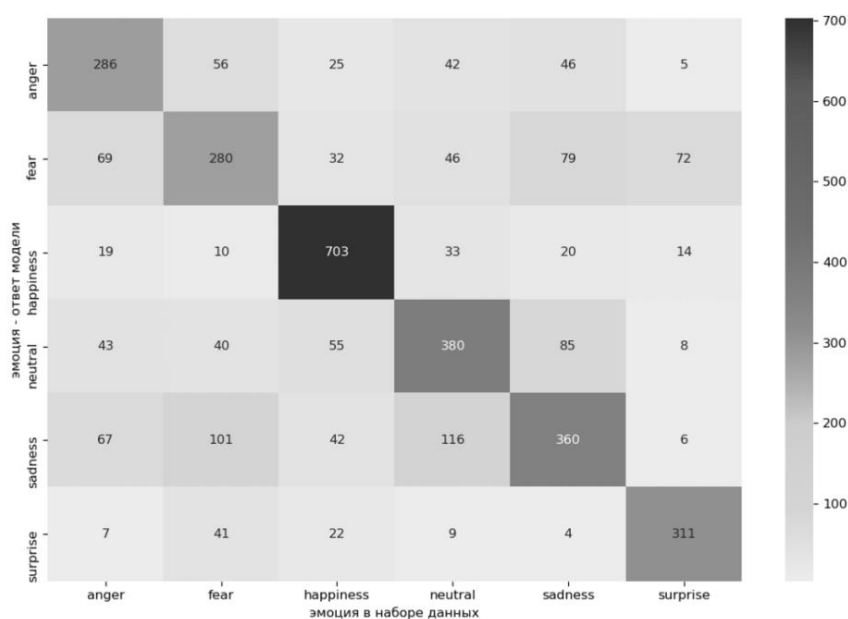


Рисунок 1. Матрица ошибок.

Главной проблемой набора данных было определено его качество, на рисунке 2 и в таблице 2 приведены несколько примеров.

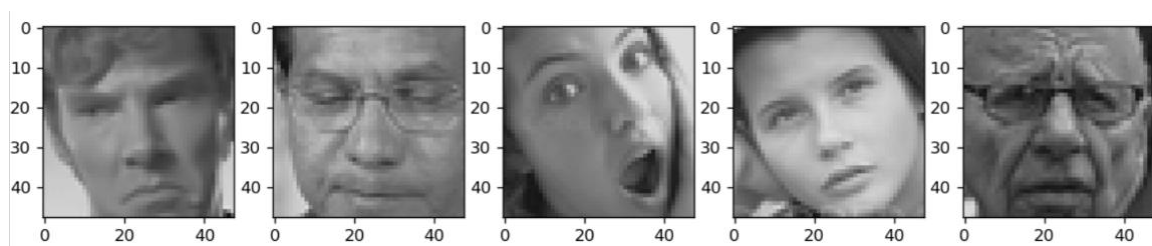


Рисунок 2. Примеры изображений

Таблица 2. Результаты распознавания эмоций

Модель1	грусть	грусть	удивление	нейтральность	злость
Данные	злость	страх	страх	счастье	злость

На первом и третьем изображении представлен типичный пример ошибки нейронной сети. На изображении присутствуют явные признаки другого класса (опущенные уголки рта, широко открытый рот), и сеть закономерно дает неверный ответ. Четвертое изображение демонстрирует низкое качество набора данных.

В таблице 3 представлены вероятности правильной классификации отдельно для каждой эмоции для двух лучших моделей. Отметим, что вероятности распознавания эмоций «счастье» и «удивление» достигают 80 %.

Таблица 3. Вероятности правильной классификации

эмоция	модель 1(%)	модель 2(%)
злость	58.2	59.9
страх	53.0	49.1
счастье	80.0	79.5
грусть	60.6	59.4
удивление	74.8	79.1
нейтральность	60.7	61.2

Точность распознавания 6 эмоций, полученная в данной работе, составляет 65.56% . Данная точность была зафиксирована для двух полученных моделей. Точность распознавания человеком составляет $65 \pm 5\%$, что практически совпадает с результатами, полученными на моделях.

Список использованных источников

- [1] Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Г93 Глубокое обучение / пер. с англ. А. А. Слинкина. – 2-е изд., испр. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 652 с.: цв.ил.
- [2] Khairuddin Y., Chen Z. Facial Emotion Recognition: State of the Art Performance on FER2013 / Yousif Khairuddin, Zhuofa Chen // Dept. of Electrical and Computer Engineering, Boston University, Boston, MA, USA, <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2105/2105.03588.pdf>
- [3] Simonyan K., Zisserman A. VERY DEEP CONVOLUTIONAL NETWORKS FOR LARGE-SCALE IMAGE RECOGNITION / Karen Simonyan, Andrew Zisserman // Visual Geometry Group, Department of Engineering Science, University of Oxford, <http://arxiv.org/abs/1409.1556v6>
- [2] . Pramerdorfer C., Kampel M. Facial Expression Recognition using Convolutional Neural Networks: State of the Art / Christopher Pramerdorfer, Martin Kampel // Computer Vision Lab, TU Wien Vienna, Austria, arXiv:1612.02903v1 [cs.CV] 9 Dec 2016
- [3] Ioffe S., Szegedy C. Batch Normalization: Accelerating Deep Network Training by Reducing Internal Covariate Shift / Sergey Ioffe, Christian Szegedy // <http://arxiv.org/abs/1502.03167v3> - 2 Mar 2015.
- [4] Kingma D., Ba J. ADAM: A METHOD FOR STOCHASTIC OPTIMIZATION / Diederik P. Kingma, Jimmy Lei Ba // arXiv:1412.6980v9 30 Jan 2017

THE EMOTIONS RECOGNITION FROM FACIAL IMAGES USING NEURAL NETWORKS

I.G. SHUPEYKO, PhD

*Associate professor of
the Department
of En-gineering
Psychology and Ergonomics
of the Belarusian State
University of Informatics and
Radioelectronics*

L.A. Khatkevich

*Senior Lecturer at the
Department of Probability Theory
and Mathematical Statistics of the
Belarusian State University.*

E.E. Semenov

Mathematician-programmer

Abstract.. The article shows the relevance of the problem of recognizing emotions from facial images. The neural network architecture description used to solve the problem is given. The results of the classification accuracy on the sample of Internet source images are described.

Keywords: recognition tasks, digital image processing, neural networks, classification accuracy

УДК 519.87

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СЦЕНАРНОГО АНАЛИЗА СВЯЗИ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ COVID-19 И ПОИСКОВОЙ АКТИВНОСТИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ БИОИНСПИРИРОВАННЫХ АЛГОРИТМОВ



А.Г. Давыдовский
доцент кафедры программного
обеспечения информационных
технологий БГУИР

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Республика Беларусь
E-mail: agd2011@list.ru

А.Г. Давыдовский

Доцент кафедры программного обеспечения информационных технологий факультета компьютерных систем и сетей БГУИР, кандидат биологических наук, доцент. Окончил докторантуру БГУИР по специальности «Системный анализ, управление и обработка информации». Проводит научные исследования в области социальной информатики, эволюционного моделирования, системного анализа и математического моделирования биологических, биосоциальных и биосоциотехнических систем, методологии превентивного управления рисками в природно-техносферных, социотехнических и биосоциальных системах. Автор учебных программ и пособий для студентов и магистрантов.

Аннотация. Коронакризис вынудил обратить внимание на использование информационно-технологических платформ дистанционного обучения. Представлены результаты разработки и обоснования биоинспирированных квазимолекулярных моделей и алгоритмов для формирования и анализа сценариев связи распространения COVID-19 и тематических поисковых обращений интернет-пользователей в русскоязычном сегменте Сети в локации Республики Беларусь, касающихся информационно-коммуникационных технологий дистанционного обучения.

Ключевые слова: биоинспирированные алгоритмы, заболеваемость, поисковая активность, прогнозирование, сценарный анализ, COVID-19.

Введение.

Развитие пандемии COVID-19 (SARS-CoV-2) сопровождается развитием социальных, социотехнических и социокультурных трансформаций, приобретающих в ряде случаев катастрофический характер [1]. Одним из маркерных феноменов любого социального кризиса или социальной катастрофы является поисковая активность интернет-пользователей. В значительной степени коронакризис вынудил обратить внимание на использование информационно-технологических платформ дистанционного обучения [2]. Это характерно для интернет-аудиторий практически всех стран мира, включая Республику Беларусь. Закономерно встает вопрос о возможной связи между заболеваемостью COVID-19 и особенностями поисковой активности интернет-пользователей. В частности, это может касаться влияния использования современных технологий дистанционного обучения на распространение COVID-19.

В этой связи особую актуальность приобретает разработка и внедрение технологий сценарного анализа, моделирования и прогнозирования социальных последствий пандемии COVID-19 на основе системного анализа распространения тематического медиаконтента [3]. При этом одним из многообещающих направлений сценарного анализа и прогнозирования социотехнических последствий биосоциальных катастроф является комплексное применение идей эволюционных вычислений, в частности, биоинспирированных алгоритмов поиска оптимальных решений. Подобные алгоритмы позволяют осуществлять обработку больших объемов данных, формировать оригинальные прогностические сценарии, выходящие за рамки традиционного сценарного анализа, включающего построение оптимистического, пессимистического и базового (инерционного) сценариев, основанных на оценке статистических допущений [3–6].

Одним из многообещающих направлений системного анализа и поиска сценариев развития тенденций, представленных вариационными рядами, является разработка методологических основ и практическое применение вновь предложенных биоинспирированных квазимолекулярных алгоритмов (БКМА). Методологическими основами БКМА являются: теория эволюционных вычислений, эволюционного моделирования и программирования, теория генетических алгоритмов, теория вероятности, теория временных рядов, теория корреляционного и регрессионного анализа, теория сценарного анализа, теория прогнозирования, теория бионического поиска, теория интеллектуального анализа данных. Очевидно, применение БКМА для решения задач сценарного анализа и прогнозирования позволяет экономить время принятия рациональных многофакторных решений при управлении сложными социальными, социально-экономическим, территориально-производственными и социотехническими системами в условиях чрезвычайных ситуаций, обусловленных биологическим факторами.

Цель работы – разработка и обоснование биоинспирированных квазимолекулярных моделей и алгоритмов для формирования и анализа сценариев связи распространения COVID-19 и тематических поисковых обращений интернет-пользователей в русскоязычном сегменте Сети в локации Республики Беларусь, касающихся информационно-коммуникационных технологий дистанционного обучения.

Методология и дизайн исследования.

В условиях глобальной пандемии COVID-19 анализ поисковых запросов пользователей новых медиа, включающих социальные сети и мессенджеры, по тематике, связанной коронавирусной инфекцией, является полезным источником для прогнозирования медико-биологических, социальных и социально-экономических последствий для различных групп пользователей Интернет практически во всех странах мира.

Данные о динамике поисковых обращениях по тематическому кластеру «дистанционное обучение» в русскоязычном сегменте интернет-пространства были получены с помощью с помощью общедоступных сервисов Wordstat.Yandex.by и GoogleTrends.ru [7, 8]. Собранные данные были обработаны с помощью методов корреляционного и регрессионного анализа с последующим формированием множественных линейных регрессионных моделей. Для прогнозирования тенденций динамики поисковых обращений был использован метод экспоненциального сглаживания, а также основные положения теории аппроксимации [9].

Анализ соответствия данных вариационных рядов нормальному (Гауссовскому) распределению осуществлен с помощью критериев Колмогорова-Смирнова и критерия Лиллиефорса. Показано удовлетворительное соответствие исследуемых вариационных рядов нормальному (Гауссовскому) распределению. Статистическая обработка данных поисковых обращений была обработана с помощью метода корреляционного анализа с использованием критерия Пирсона. Кроме того, были построены уравнения множественной линейной регрессии (МЛР) в среде MS Excel 2016 for Windows [10 – 12]. В

качестве горизонта прогнозирования был выбран период продолжительностью 12 месяцев. Анализ степени реализации прогноза осуществлен с помощью метода пассивного эксперимента. В результате был разработан комплекс множественных линейных регрессионных моделей, описывающих связь динамики кумулятивных показателей заболеваемости и смертности от COVID-19 с поисковой активностью по тематическим COVID-19-ассоциированным кластерам поисковой активности интернет-пользователей в Республике Беларусь в период с 05.01.2020 г. по 27.03.2022 г.

Для прогнозирования связи заболеваемости COVID-19 с поисковой активностью интернет-пользователей использовался сравнительно традиционный метод, основанный на корреляционно-регрессионном аналитическом моделировании (КРАМ), а также вновь разработанный БКМА, предполагающий формирование, изомеризацию, гибридизацию и селекцию сценариев, представленных уравнениями МЛР [9, 12]. БКМА относится к алгоритмам, инспирированным природными системами (АИПС), в частности, такими как рибонуклеиновые и дезоксирибонуклеиновые кислоты (РНК и ДНК). При этом период времени снижения эффективности генерируемых сценариев линейно зависит от количества генераций и экспоненциально снижается в зависимости от степени сложности от «молекулярного веса РНК или ДНК», соответствующего количеству слагаемых в уравнении МЛР-модели сценария прогнозной динамики.

В рамках исследования реализован подход сценарного анализа и моделирования с последующей численной симуляцией и верификацией полученных МЛР-моделей. Рассмотрены модели оптимистического, базового и пессимистического сценариев. В рамках данного подхода использован метод «гибридизации сценариев», использующий приемы конверсии коэффициентов в уравнениях МЛР из десятичной в бинарную форму. Путем перекombинации бинарных чисел были получены ряды значений для каждого коэффициента в уравнении МЛР, соответствующем каждому сценарию – оптимистическому, базовому и пессимистическому. В дальнейшем полученные варианты уравнений каждого сценария – «гибриды» – подвергались селекции по критериям минимума и максимума. Были получены «максимальные» (max, «макси»), «минимальные» (min, «мини»), усредненные варианты сценариев («миди»), а также гибридные варианты оптимистического (optimistic – O), базового (basic – B) и пессимистического (pessimistic – P) сценариев.

Одним из методологических оснований БКМА является «сценарный крест», представленный на рисунке 1, включающий четыре различных сценария, базирующихся на взаимодействии двух неопределенностей, создающих пространство сценариев, генерируемых посредством БКМА, предусматривающего процессы формирования, изомеризации, гибридизации, селекции и оценки сценариев прогноза динамики COVID-ассоциированных поисковых обращений интернет-пользователей.

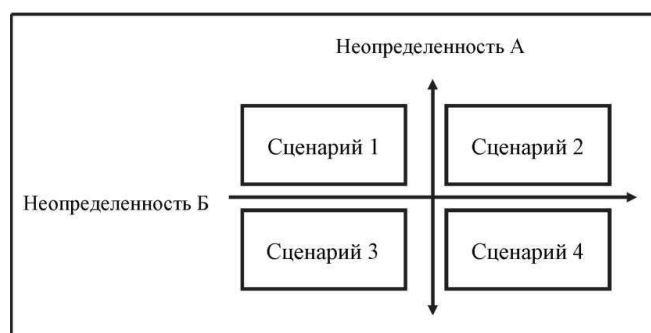


Рисунок 1. «Сценарный крест» формирования четырех различных сценариев в условиях, основанных на взаимодействии двух неопределенностей (А) и (Б)

Поиск оптимальных решений сложных задач сценарного анализа и прогнозирования может быть осуществлен с помощью АИПС для поиска оптимальных решений с использованием процедур, соответствующих биологическим феноменам кроссинговера, мутаций, селекции. В свою очередь, такие операции могут быть использованы при поиске оптимальных вариантов сценариев формирования оптимальных решений прогнозной динамики вариационных рядов. Инструментом такого поиска могут быть БКМА, в которых каждое решение (сценарий) рассматривается как молекула ДНК, подвергающаяся изомеризации, гибридизации (рекомбинации) и селекции. На рисунке 2 представлена универсальная блок-схема биоинспирированного квазимолекулярного алгоритма формирования, изомеризации, гибридизации и селекции оптимальных вариантов («молекул») сценариев прогноза динамики вариационных и временных рядов, а также сложных событий.



Рисунок 2. Универсальная блок-схема биоинспирированного квазимолекулярного алгоритма формирования оптимальных прогнозирования динамики вариационных рядов на основе изомеризации, гибридизации и селекции оптимальных вариантов («молекул») сценарных моделей

На рисунке 3 представлена блок-схема индуктивного варианта БКМА для формирования сценариев. В данном варианте БКМА этап формирования начальной

популяции «молекул» сценариев предшествует выбору стратегии бионического поиска критериев изомеризации/гибридизации/модификации/ селекции «молекул» исходных сценариев. После чего наступает этап генерации критериев целевого (-ых) сценария (-ев) (ЦС), который обеспечивает вычисление ЦС. В дальнейшем с помощью ЦС происходит оценка эффективности этапов изомеризации, гибридизации, одно/двух/трехфакторной модификации и рекомбинации «молекул» сценариев. Именно на основе сопоставления продуктов – «молекул» сценариев – после каждого из названных этапов осуществляется селекция итоговых сценариев. Важным узловым элементом данного индуктивного варианта БКМА является оценка того, насколько достигнуты критерии ЦС после селекции. В случае выполнения условий критериев ЦС происходит переход к вычислению приспособленности сценариев, «выживших» после этапа селекции. В случае же невыполнения данных условий происходит переход к этапу формирования начальной популяции «молекул» сценариев. Другим вариантом БКМА является дедуктивный, блок-схема которого представлена на рисунке 4.

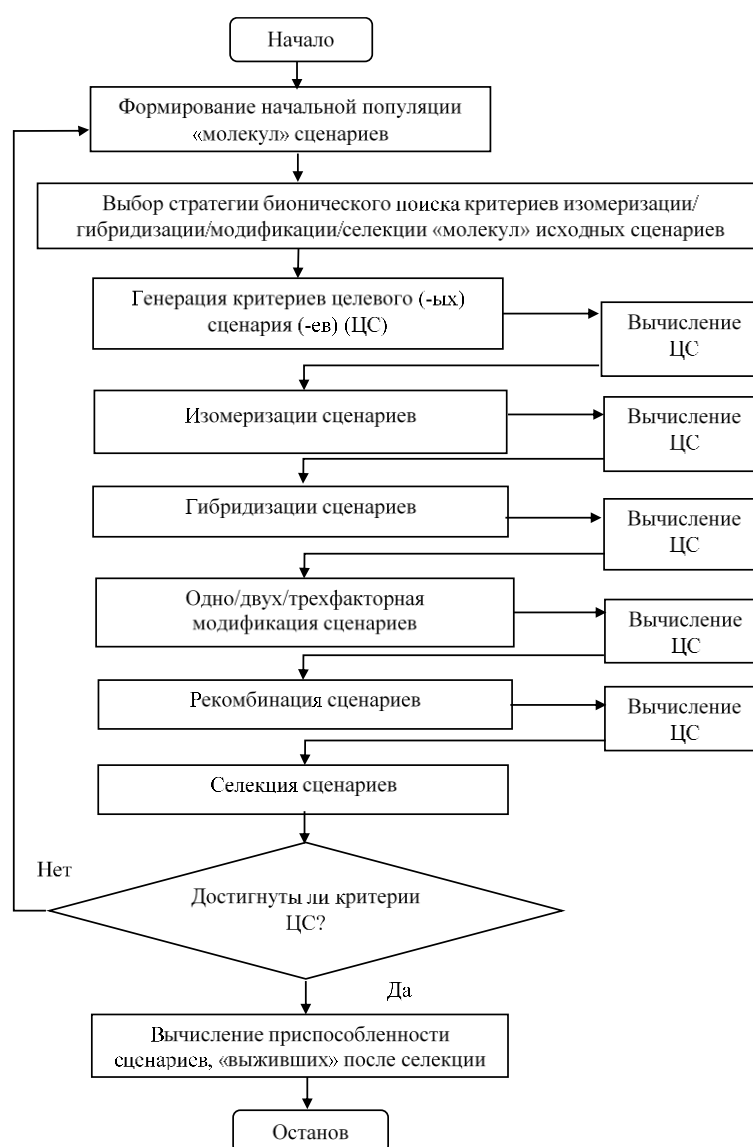


Рисунок 3. Блок-схема индуктивного варианта биоинспирированного квазимолекулярного алгоритма формирования сценариев



Рисунок 4. Блок-схема дедуктивного варианта биоинспирированного квазимолекулярного алгоритма формирования сценариев

На основе анализа и верификации данных «гибридных» сценариев были разработаны наиболее вероятные прогнозы динамики поисковых обращений, ассоциированных с темой «дистанционное обучение». Таким образом, кроме собственно сценариев, были получены следующие варианты пар интервальных сценариев « $O_{\max} - O_{\min}$ », « $O_{\max} - B_{\max}$ », « $O_{\max} -$

V_{min} », « $O_{max} - P_{max}$ », « $O_{max} - P_{min}$ », « $O_{min} - V_{max}$ », « $O_{min} - V_{min}$ », « $O_{min} - P_{max}$ », « $O_{min} - P_{min}$ », « $V_{max} - V_{min}$ », « $V_{max} - P_{max}$ », « $V_{max} - P_{min}$ », « $V_{min} - P_{max}$ », « $V_{min} - P_{min}$ », « $P_{max} - P_{min}$ ». Вероятность принадлежности любого случайного сценария к одной из таких пар была рассчитана с помощью функции Лапласа.

Анализ и обсуждение результатов исследований.

С помощью разработанного БКМА изучены и охарактеризованы особенности распространения медиаконтента различной направленности и поисковой активности интернет-пользователей интернет-сервисов в условиях пандемии COVID-19 (SARS-CoV-2) в Республике Беларусь.

Анализ показателей динамики поисковых обращений, связанных с «дистанционным обучением», по данным web-сервиса Yandex.WordStat.by в период второй и третьей волны распространения COVID-19 с 27.07.2020 г. до 03.08.2021 г., позволил установить коэффициенты корреляции по Пирсону ($P < 0,05$) между частотой поисковых обращений по терминологической конструкции «дистанционное обучение» и частотами поисковых обращений «электронное обучение» ($r^2=0,56$), «антивирус» ($r^2=0,36$), «Viber» ($r^2=0,28$), «COVID-19» ($r^2=-0,03$), «Zoom» ($r^2=0,86$), «Discord» ($r^2=-0,46$), «Moodle» ($r^2=0,86$), «Skype» ($r^2=0,65$), «мемы» ($r^2=0,69$), «Википедия» ($r^2=0,67$) и «Windows» ($r^2=0,51$).

Вместе с тем, после прогнозирования фактических тенденций динамики исследуемых поисковых обращений на прогнозируемый период с 04.07.2021 г. до 25.07.2022 г. с использованием метода экспоненциального сглаживания и коэффициентом затухания 0,8 и горизонт прогнозирования получены существенно другие результаты.

В частности, между частотой поисковых обращений по терминологической конструкции «дистанционное обучение» и частотами поисковых обращений «электронное обучение» ($r^2=0,63$), «on-line обучение» ($r^2=0,61$), «антивирус» ($r^2=0,45$), «Telegram» ($r^2=-0,58$), «Viber» ($r^2=-0,11$), «COVID-19» ($r^2=0,23$), «Zoom» ($r^2=0,89$), «Discord» ($r^2=-0,50$), «Moodle» ($r^2=0,92$), «Skype» ($r^2=0,68$), «мемы» ($r^2=0,85$), «Википедия» ($r^2=0,75$), «Windows» ($r^2=0,60$), «Linux» ($r^2=0,37$).

Также установлена повышенная отрицательная корреляция между поисковыми обращениями в парах «COVID-19»–«Telegram» ($r^2=-0,55$) и «COVID-19»–«Viber» ($r^2=-0,76$).

Результаты свидетельствуют о прогнозируемой повышенной заинтересованности русскоязычного контингента интернет-пользователей в поисковых обращениях с использованием терминологической конструкции «дистанционное обучение», с одной стороны, и поисковыми обращениями «антивирус» ($r^2=0,45$), «Zoom» ($r^2=0,89$), «Discord» ($r^2=-0,50$), «Moodle» ($r^2=0,92$), «Skype» ($r^2=0,68$), «мемы» ($r^2=0,85$), «Википедия» ($r^2=0,75$), «Windows» ($r^2=0,60$), с другой.

Также показана прогнозируемая тенденция к повышению корреляции заинтересованности русскоязычного контингента интернет-пользователей между поисковыми обращениями «дистанционное обучение», с одной стороны, и поисковыми обращениями «COVID-19» ($r^2=0,23$), «on-line обучение» ($r^2=0,61$), «Telegram» ($r^2=-0,58$), «COVID-19» ($r^2=0,23$), «Linux» ($r^2=0,37$), с другой.

Анализ результатов прогнозирования позволяет предположить возрастание роли фактора COVID-19 в цифровой трансформации технологий дистанционного обучения в направлении стабильного использования информационно-технологических платформ «Zoom», «Discord», «Moodle», «Skype», операционной системы «Windows» ($r^2=0,60$). Кроме того, в прогнозируемом периоде COVID-19 является фактором стимуляции заинтересованности в использовании on-line-обучения, таких популярных мессенджеров, как «Viber» ($r^2=0,61$), «Telegram» ($r^2=-0,58$), «Википедия» ($r^2=0,75$), «COVID-19» ($r^2=0,23$), «Linux» ($r^2=0,37$), с другой.

Вместе с тем, повышенная отрицательная корреляция в парах «COVID-19»–«Telegram» ($r^2=-0,55$) и «COVID-19»–«Viber» ($r^2=-0,76$) указывает на возможную роль

обращений к популярным мессенджерам «Telegram» и «Viber» в отвлечении внимания контингентов интернет-пользователей от поисковых обращений, связанных с COVID-19, в прогнозируемом периоде с 04.07.2021 г. до 25.07.2022 г. В свою очередь, это позволяет предположить возможность мессенджер-опосредованной регуляции социальных последствий, связанных с распространением COVID-19.

Было изучено влияние основных поисковых обращений «электронное обучение», «online-обучение», «антивирус», «Telegram», «Viber», «COVID-19», «Zoom», «Discord», «Moodle», «Skype», «мемы», «википедия», «Windows», «Linux», «самоизоляция» на ключевое поисковое обращение «дистанционное обучение».

Таким образом, значимыми факторами, оказывающими наибольшее влияние на показатели поискового обращения «дистанционное обучения», являются «Антивирус», «Википедия», «Самоизоляция», «Мемы», «Moodle», «Skype», «Windows», «Zoom».

На основе БКМА осуществлена генерация и последующая селекция «молекул» различных сценариев зависимости заболеваемости и смертности от COVID-19 от поисковой активности интернет-пользователей в Сети.

При этом изучены пессимистические, инерционные и оптимистические сценарии влияния поисковой активности интернет-пользователей на общую заболеваемость по частоте заболеваемости (New cases), накоплению случаев заболевания (Cumulative cases). Полученные результаты представлены ниже.

А) Пессимистический сценарий динамики частоты новых случаев заболевания COVID-19 (1) – (5):

А1) КРАМ-сценарий:

$$[\text{New cases}] = 51,1[\text{e-learning}] + 6,5[\text{Twitter}] + 3,9[\text{LMS}] + 2,6[\text{Instagram}] + 2,3[\text{ВКонтакте}] - 1,6[\text{Wikipedia}] - 2,8[\text{Википедия}] - 7,2[\text{LinkedIn}] - 16,8[\text{Google classroom}] \quad (R^2=0,72; F=50,09; \text{значимость } F=8,33E-43). \quad (1)$$

А2) БКМА-сценарии:

1) макси-сценарий:

$$[\text{New_cases}] = 51[\text{e-learning}] + 6[\text{Twitter}] + 3[\text{LMS}] + 2[\text{Instagram}] + 2[\text{ВКонтакте}] + [\text{Wikipedia}] + 2[\text{Википедия}] + 7[\text{LinkedIn}] + 30[\text{Google classroom}]; \quad (2)$$

2) мини-сценарий:

$$[\text{New_cases}] = 12[\text{e-learning}] + [\text{Twitter}] + [\text{Instagram}] + [\text{ВКонтакте}] + [\text{Википедия}] + [\text{Google classroom}]; \quad (3)$$

3) миди-сценарий:

$$[\text{New_cases}] = 32[\text{e-learning}] + 4[\text{Twitter}] + 2[\text{LMS}] + 2[\text{Instagram}] + 2[\text{ВКонтакте}] + [\text{Wikipedia}] + 2[\text{Википедия}] + 4[\text{LinkedIn}] + 16[\text{Google classroom}]; \quad (4)$$

4) базовый сценарий:

$$[\text{New_cases}] = 51[\text{e-learning}] + 6[\text{Twitter}] + 4[\text{LMS}] + 3[\text{Instagram}] + 2[\text{ВКонтакте}] + 2[\text{Wikipedia}] + 3[\text{Википедия}] + 7[\text{LinkedIn}] + 17[\text{Google classroom}]. \quad (5)$$

Б) Инерционный сценарий динамики частоты новых случаев заболевания COVID-19 (6) – (10):

Б1) КРАМ-сценарий:

$$[\text{New_cases}] = 60,42[\text{LinkedIn}] + 52,1[\text{Google classroom}] + 21,6[\text{Википедия}] + 14,4[\text{Instagram}] + 13,97[\text{Wikipedia}] - 19,81[\text{Дистанционное обучение}] - 33,1[\text{LMS}] - 39,99[\text{e-learning}] - 54,96[\text{Twitter}] \quad (R^2=0,721427; F=50,09225; \text{значимость } F=8,33E-43). \quad (6)$$

Б2) БКМА-сценарии:

1) макси-сценарий:

$$[\text{New_cases}] = 60[\text{LinkedIn}] + 52[\text{Google classroom}] + 21[\text{Википедия}] + 14[\text{Instagram}] + 13[\text{Wikipedia}] + 25[\text{Дистанционное обучение}] + 33[\text{LMS}] + 57[\text{e-learning}] + 54[\text{Twitter}]; \quad (7)$$

2) мини-сценарий:

$$[\text{New_cases}] = 3[\text{LinkedIn}] + 11[\text{Google classroom}] + 10[\text{Википедия}] + 1[\text{Instagram}] + 2[\text{Wikipedia}] + 6[\text{Дистанционное обучение}] + 30[\text{LMS}] + 6[\text{e-learning}] + 9[\text{Twitter}]; \quad (8)$$

3) миди-сценарий:

$$[\text{New_cases}] = 32[\text{LinkedIn}] + 32[\text{Google classroom}] + 16[\text{Википедия}] + 8[\text{Instagram}] + 8[\text{Wikipedia}] + 16[\text{Дистанционное обучение}] + 32[\text{LMS}] + 32[\text{e-learning}] + 32[\text{Twitter}]; \quad (9)$$

4) базовый сценарий:

$$[\text{New_cases}] = 60[\text{LinkedIn}] + 52[\text{Google classroom}] + 22[\text{Википедия}] + 14[\text{Instagram}] + 14[\text{Wikipedia}] + 20[\text{Дистанционное обучение}] + 33[\text{LMS}] + 40[\text{e-learning}] + 55[\text{Twitter}]. \quad (10)$$

В) Оптимистический сценарий динамики частоты новых случаев заболевания COVID-19 (11) – (15):

В1) КРАМ-сценарий:

$$[\text{New_cases}] = 95,1[\text{LinkedIn}] + 57,8[\text{Google classroom}] + 32,6[\text{Википедия}] + 22,5[\text{Wikipedia}] + 10,8[\text{Instagram}] - 31,7[\text{Дистанционное обучение}] - 39,4[\text{e-learning}] - 52,6[\text{LMS}] - 87,1[\text{Twitter}]$$

($R^2=0,72$; $F=50,09225$; Значимость F 8,33E-43). (11)

В2) БКМА-сценарии:

1) макси-сценарий:

$$[\text{New_cases}] = 125[\text{LinkedIn}] + 57[\text{Google classroom}] + 62[\text{Википедия}] + 22[\text{Wikipedia}] + 10[\text{Instagram}] + 31[\text{Дистанционное обучение}] + 57[\text{e-learning}] + 52[\text{LMS}] + 117[\text{Twitter}]; \quad (12)$$

2) мини-сценарий:

$$[\text{New_cases}] = 2[\text{LinkedIn}] + 6[\text{Google classroom}] + [\text{Википедия}] + 9[\text{Wikipedia}] + 5[\text{Instagram}] + 6[\text{e-learning}] + 11[\text{LMS}] + 10[\text{Twitter}]; \quad (13)$$

3) миди-сценарий:

$$[\text{New_cases}] = 64[\text{LinkedIn}] + 32[\text{Google classroom}] + 32[\text{Википедия}] + 16[\text{Wikipedia}] + 8[\text{Instagram}] + 16[\text{Дистанционное обучение}] + 32[\text{e-learning}] + 32[\text{LMS}] + 64[\text{Twitter}]; \quad (14)$$

4) базовый сценарий:

$$[\text{New_cases}] = 95[\text{LinkedIn}] + 58[\text{Google classroom}] + 33[\text{Википедия}] + 23[\text{Wikipedia}] + 11[\text{Instagram}] + 32[\text{Дистанционное обучение}] + 39[\text{e-learning}] + 53[\text{LMS}] + 87[\text{Twitter}]. \quad (15)$$

Г) Пессимистический сценарий накопления случаев заболевания COVID-19 (16) – (20):

Г1) КРАМ-сценарий:

$$[\text{Cumulative cases}] = 9485,25[\text{Google classroom}] + 2499,2[\text{LinkedIn}] + 2190,2[\text{Wikipedia}] + 672,7[\text{Википедия}] + 642,3[\text{Instagram}] + 568,8[\text{ВКонтакте}] - 1562,1[\text{LMS}] - 7440,2[\text{Twitter}] - 22005,9[\text{e-learning}]$$

($R^2=0,86$; $F=119,0206$; значимость F 4,39E-66). (16)

Г2) БКМА-сценарии:

1) макси-сценарий:

$$[\text{Cumulative_cases}] = 11305[\text{Google classroom}] + 3129[\text{LinkedIn}] + 2286[\text{Wikipedia}] + 1002[\text{Википедия}] + 762[\text{Instagram}] + 910[\text{ВКонтакте}] +$$

$$+1562[\text{LMS}]+7912[\text{Twitter}]+22485[\text{e-learning}]; \quad (17)$$

2) мини-сценарий:
[Cumulative_cases]=5078[Google classroom]+966[LinkedIn]+
+1809[Wikipedia]+21[Википедия]+261[Instagram]+ +113[ВКонтакте]+485[LMS]+
+279[Twitter]+10282[e-learning]; \quad (18)

3) миди-сценарий:
[Cumulative_cases]=8192[Google classroom]+2048[LinkedIn]+
+2048[Wikipedia]+512[Википедия]+512[Instagram]+512[ВКонтакте]+
+1024[LMS]+4096[Twitter]+16384[e-learning]; \quad (19)

4) базовый сценарий:
[Cumulative_cases]=9485[Google classroom]+2499[LinkedIn]+
+2190[Wikipedia]+673[Википедия]+642[Instagram]+569[ВКонтакте]+
+1562[LMS]+7440[Twitter]+22006[e-learning]. \quad (20)

Д) Инерционный сценарий накопления случаев заболевания COVID-19 (21) – (25):

Д1) КРАМ-сценарий:
[Cumulative_cases]=26784,4[Google classroom]+19162,9[LinkedIn]+
+17417,96[Wikipedia]+4815,6[Википедия]+ +4460,7[Дистанционное обучение]–
–3277,12[Instagram]–12153,7[LMS]–15735,9[e-learning]–57587,5[Twitter]
($R^2=0,86$; $F=119,021$; $\text{Значимость}=F\ 4,39E-66$) \quad (21)

Д2) БКМА-сценарии:

1) макси-сценарий:
[Cumulative_cases]=32116[Google classroom]+21078[LinkedIn]+
+18449[Wikipedia]+ +7785[Википедия]+ +6446[Дистанционное обучение]+
+3277[Instagram]+12153[LMS]+15735[e-learning]+57587[Twitter]; \quad (22)

2) мини-сценарий:
[Cumulative_cases]=651[Google classroom]+11689[LinkedIn]+
+14318[Wikipedia]+ +406[Википедия]+ +1745[Дистанционное обучение]+
+818[Instagram]+4230[LMS]+648[e-learning]+7948[Twitter]; \quad (23)

3) миди-сценарий:
[Cumulative_cases]=16384[Google classroom]+16384[LinkedIn]+
+16384[Wikipedia]+4096[Википедия]+4096[Дистанционное обучение]+
+2048[Instagram]+ +8192[LMS]+8192[e-learning]+32768[Twitter]; \quad (24)

4) базовый сценарий:
[Cumulative_cases]=26784[Google classroom]+19163[LinkedIn]+
+17418[Wikipedia]+4816[Википедия]+ +4461[Дистанционное обучение]+
+3277[Instagram]+ +12154[LMS]+15736[e-learning]+57588[Twitter]. \quad (25)

Е) Оптимистический сценарий накопления случаев заболевания COVID-19 (26) – (30):

Е1) КРАМ-сценарий:
[Cumulative_cases]=30172,68[LinkedIn]+29753,99[Google classroom]+
+28115,74[Wikipedia]+7263,496[Википедия]+7130,936[Дистанционное обучение]–
–2456,69[Instagram]–15494,3[e-learning]–19323,6[LMS]–91241,7[Twitter]
($R^2=0,86$; $F=119,0206$; $\text{Значимость}=F=4,39E-66$). \quad (26)

Е2) БКМА-сценарии:

1) макси-сценарий:
[Cumulative_cases]=30172[LinkedIn]+29753[Google classroom]+
+28115[Wikipedia]+8007[Википедия]+130[Дистанционное обучение]+
+3686[Instagram]+15494[e-learning]+28521[LMS]+695703[Twitter]; \quad (27)

2) мини-сценарий:

$$\begin{aligned}
 & [\text{Cumulative_cases}] = 2595[\text{LinkedIn}] + 3014[\text{Google classroom}] + \\
 & + 4652[\text{Wikipedia}] + 184[\text{Википедия}] + 1061[\text{Дистанционное обучение}] + \\
 & + 409[\text{Instagram}] + 889[\text{e-learning}] + 4246[\text{LMS}] + 76877[\text{Twitter}]; \quad (28)
 \end{aligned}$$

3) миди-сценарий:

$$\begin{aligned}
 & [\text{Cumulative_cases}] = 16384[\text{LinkedIn}] + 16384[\text{Google classroom}] + \\
 & + 16384[\text{Wikipedia}] + 4096[\text{Википедия}] + 4096[\text{Дистанционное обучение}] + \\
 & + 2048[\text{Instagram}] + 8192[\text{e-learning}] + 16384[\text{LMS}] + 386290[\text{Twitter}]; \quad (29)
 \end{aligned}$$

4) базовый сценарий:

$$\begin{aligned}
 & [\text{Cumulative_cases}] = 30173[\text{LinkedIn}] + 29754[\text{Google classroom}] + \\
 & + 28116[\text{Wikipedia}] + 7263[\text{Википедия}] + 7131[\text{Дистанционное обучение}] + \\
 & + 2457[\text{Instagram}] + 1549[\text{e-learning}] + 19324[\text{LMS}] + 91242[\text{Twitter}]. \quad (30)
 \end{aligned}$$

Таким образом, результаты сценарного анализа (1) – (30) указывают на наличие зависимости заболеваемости COVID-19 от поисковой активности интернет-пользователей по тематике, ассоциированной с технологиями дистанционного обучения, в русскоязычном сегменте Сети в локации Республики Беларусь. Кроме того, показана возможность формирования четырех попарно альтернативных сценариев, соответствующих исходному сценарию, получаемому с помощью традиционного подхода. При этом требует выяснения механизм влияния поисковой активности интернет-пользователей, а также, вероятно, их последующей деятельности, на процесс заболеваемости COVID-19. Для объяснения данного феномена была предложена гипотеза снижения коллективного иммунитета вследствие «медийного заражения».

Гипотеза снижения коллективного иммунитета вследствие «медийного заражения». На основе биоинспирированного квазимолекулярного алгоритма выполнен сценарный анализ и прогнозирование динамики поисковых обращений интернет-пользователей по COVID-19-ассоциированной тематике в русскоязычном сегменте Сети в локации Республики Беларусь совместно с данными о заболеваемости и смертности от COVID-19 от Всемирной организации здравоохранения. Наиболее популярными запросами интернет-пользователей в Республике Беларусь по «коронавирусной» тематике являются: «COVID-19», «коронавирус», «ковид» и др. Эти поисковые обращения можно рассматривать в качестве прогностического предиктора развития заболеваемости и смертности при COVID-19. При этом распространение информации по тематике, связанной с COVID-19, можно рассматривать как фактор медийного заражения широких контингентов интернет-пользователей. Последствиями такого медийного заражения может быть значительное повышение индивидуальной личностной и ситуативной тревожности, психологической настройки на потенциальное инфицирование, психогенное снижение коллективного иммунитета с последующим распространением COVID-19 и формированием очередной волны заболеваемости коронавирусом.

При этом распространение медийного заражения возможно благодаря тому, что медиапространство интернет является активной социотехнической средой с диффузионными и квазиупругими свойствами, в которой медиавирусные сообщения распространяются подобно гармоническим, резонирующим или затухающим колебаниям. Как следствие, разработана модель волнового распространения медиавирусных сообщений в медиапространстве интернет (31):

$$D \frac{d^2 n}{dz^2} - \alpha(f - g) \frac{dn}{dz} - \beta \left(\frac{df}{dz} - \frac{dg}{dz} \right) n = 0, \quad z = \gamma \Delta t N \sum_{i=1}^N C_i \sum_{j=1}^M M_j, \quad (31)$$

где n – количество медиапользователей, подверженных влиянию факторов инфодемии, обусловленной распространением медиавирусов;

z – функция связи между количеством интернет-пользователей (N), количеством связей, образуемых каждым из них, по которым осуществляется передача множества сообщений (M_j) в течение периода времени Δt ;

γ – средний показатель пропускной способности каждого медиаканала;

D – коэффициент диффузии медиасообщений, зависящий от социотехнических свойств медиaprостранства;

f – функция распространения медиазаражения;

g – функция ограничения медиазаражения;

α и β – постоянные.

Очевидно, что частота поисковых запросов с упоминанием коронавируса, заболеваемости, госпитализации, лечения, смертности, вакцинации и последствий COVID-19 коррелируют с частотой запросов, отражающих депрессивные и тревожные настроения, распространенные среди значительной части интернет-пользователей, отражающих, в частности, рост тревожности и страха перед заражением COVID-19. При этом медиасообщения о пандемии, обладая свойствами медиавирусом, способны чрезвычайно быстро распространяться в интернет-сообществах, оказывая негативный психогенный эффект на механизмы индивидуального и коллективного иммунитета [13, 14].

Заключение. Разработан биоинспирированный квазимолекулярный алгоритм, в котором любой сценарий, представленный уравнением множественной линейной регрессии, рассматривается как полинуклеотидная молекула РНК или ДНК, а коэффициенты при независимых переменных – как отдельные нуклеотиды. В свою очередь, нуклеотиды могут подвергаться изомеризации, участвовать в последующей гибридизации различных «цепей» ДНК. В дальнейшем полученные новые варианты «ДНК-молекул» сценариев прогнозной динамики вариационных рядов подвергаются модификации «квазирадикалами» с изменением численных коэффициентов в МЛР-моделях сценариев и селекцией по критерию соответствия целевой функции, которая представляет собой целевой сценарий, наиболее оптимальный для решения основной задачи. Это позволяет расширить область поиска данных без увеличения времени работы и сократить преждевременную сходимость алгоритмов, повысить эффективность и качество получаемых решений при сценарном анализе и прогнозировании [3].

На основе биоинспирированного квазимолекулярного алгоритма показана связь между показателями заболеваемости COVID-19 и поисковой активностью интернет-пользователей в Сети. Анализ результатов численных экспериментов позволяет отметить, что биоинспирированные квазимолекулярные алгоритмы позволяют снизить затраты времени на поиски рациональных решений и позволяют получать набор более эффективных и оригинальных локально-оптимальных решений по сравнению с традиционным сценарным подходом [3– 6].

Проведенные исследования и тестирование программной реализации БКМА с последующим численным моделированием позволили уточнить теоретические оценки временной сложности алгоритмов генерации (расчета, изомеризации, гибридизации, модификации и селекции) оптимальных сценариев прогнозной динамики вариационных рядов комплексных данных. Результаты исследований свидетельствуют об улучшении работы предложенного БКМА для генерации сценариев прогнозной динамики по сравнению с традиционным КРАМ-подходом. При этом улучшение по качеству составило от 24% до 78%, а по времени от 62% до 387% в зависимости от вида решаемых задач анализа и прогнозирования.

Вместе с тем, возрастание частоты подобных поисковых запросов может свидетельствовать о заражении медиааудитории интернет-пользователей медиавирусом, который может быть идентифицирован как «глобальная пандемия COVID-19». Анализ и прогнозирование динамики поисковых запросов населения предоставляет определенные

возможности для управления медико-биологическими, социально-экономическими и социальными последствиями распространения коронавирусной инфекции, а также для формирования информационной повестки для организации профилактики роста заболеваемости, подготовки и организации превентивных мер, ликвидации последствий глобальной пандемии COVID-19.

Для объяснения механизма влияния поисковой активности интернет-пользователей, а также, вероятно, их последующей деятельности, на процесс заболеваемости COVID-19 предложена гипотеза снижения коллективного иммунитета вследствие «медийного заражения».

Таким образом, с помощью вновь разработанного биоинспирированного квазимолекулярного алгоритма осуществлен анализ динамики поисковых обращений по избранным терминам-предикторам, что позволяет прогнозировать динамику заболеваемости, социальные и социально-экономические последствия COVID-19 в условиях очередной волны пандемии для Республики Беларусь.

Список использованных источников

- [1] ВОЗ объявила о пандемии коронавируса. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ria.ru/20200311/1568455428.html>. – Дата доступа: 28.03.2020 г.
- [2] Попова, Е.И. Дистанционное образование: современные реалии и перспективы / Е.И. Попова, А.А. Баландин, Д.Д. Дедюхин // Образование и право. – 2020. – №7. – С. 203–209.
- [3] Бова, В.В. Технологии интеллектуального анализа и извлечения данных на основе принципов эволюционного моделирования / В.В. Бова, Л.А. Гладков, Ю.А. Кравченко, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик, Е.В. Нужнов, Ю.И. Рогозов, А.С. Свиридов, П.В. Сороколетов, С.Н. Щеглов. – Таганрог: изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – 124 с.
- [4] Курейчик, В.В. Концептуальная модель представления решений в генетических алгоритмах / В.В. Курейчик, П.В. Сороколетов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2008. – №9(86). – С. 7–12.
- [5] Гладков, Л.А. Методы и алгоритмы принятия решений на основе бионического поиска / Л.А. Гладков, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик, Б.К. Лебедев, В.Б. Лебедев, О.Б. Лебедев, П.В. Сороколетов. – Таганрог: изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – 137с.
- [6] Гладков, Л.А. Биоинспирированные методы в оптимизации / Л.А. Гладков, В.В. Курейчик, В.М. Курейчик, П.В. Сороколетов. – М.: Физматлит, 2009. – 384 с.
- [7] Осипенков, Я. Google Analytics 2019: Полное руководство / Я. Осипенков. – М.: ДМК Пресс, 2019. – 748 с.
- [8] Newbold, P. Statistics for Business and Economics. 8th Edition / P. Newbold, W.L. Carlson, V.M. Thorne. – Pearson Education, 2013. – 797 P.
- [9] Форман, Дж. Много цифр: Анализ больших данных при помощи Excel / Джон Форман; Перс. С англ. А. Соколовой. – 2-е изд. – М.: Альпина Публишер, 2019. – 461 с.
- [10] Сигал, Э. Практическая бизнес-статистика / Э. Сигал. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 1056 с.
- [11] Фёрстер, Э. Методы корреляционного и регрессионного анализа: Руководство для экономистов / Э. Фёрстер, Б. Рёнц // М.: Финансы и статистика, 1983. – 304 с.
- [12] Бараз, В.Р. Корреляционно-регрессионный анализ связи показателей коммерческой деятельности с использованием программы Excel : учебное пособие / В.Р. Бараз. – Екатеринбург : ГОУ ВПО «УГТУ–УПИ», 2005. – 102 с.
- [13] Левчук, Н.Н. Принцип медиавируса в процессе коммуникативного взаимодействия / Н.Н. Левчук // Веснік Беларускага дзяржаўнага ўніверсітэта. Серыя 4, Філалогія. Журналістыка. Педагогіка. – 2009. – № 3. – С. 96–100. – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/5917>. – Дата обращения: 05.04.2021.
- [14] Петросян А. Э. В паутине Фамы (природа слухов, их распространение и социальный резонанс) // Вестник ОмГУ. 2008. №3. – С. 114–126. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/v-pautine-famy-priroda-sluhov-ih-rasprostranenie-i-sotsialnyy-rezonans>. – Дата доступа: 05.04.2021.

**METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF SCENARIO ANALYSIS OF THE
RELATIONSHIP BETWEEN THE INCIDENCE OF COVID-19 AND THE
SEARCH ACTIVITY OF USERS USING BIOINSPIRED ALGORITHMS**

A.G. DAVYDOVSKY

*Associate Professor, Department of
Information Technology Software of the
BSUIR*

Abstract. The Corona crisis forced us to pay attention to the use of information technology platforms for distance learning. The results of the development and substantiation of bioinspired quasi-molecular models and algorithms for the formation and analysis of communication scenarios for the spread of COVID-19 and thematic search requests of Internet users in the Russian-speaking segment of the Network in the location of the Republic of Belarus concerning information and communication technologies of distance learning are presented.

Keywords: COVID-19, bioinspired algorithms, morbidity, search activity, forecasting, scenario analysis.

УДК 004.93'11

ПОИСК СХОЖИХ АНАТОМИЧЕСКИХ ОБЛАСТЕЙ НА КТ-ИЗОБРАЖЕНИЯХ ЛЁГКИХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ



Косарева А.А.
ассистент
кафедры электронн
ой техники и
технологии БГУИР,
аспирант БГУИР



Камлач П.В.
доцент кафедры
электронной
техники и
технологии
БГУИР,
кандидат
технических
наук, доцент



Ковалёв В.А.
заведующий
лабораторией
анализа
биомедицински
х изображений
ОИПИ НАН
Беларуси,
Доцент
кафедры
биомедицинско
й
информатики
ФПМИ
Кандидат
технических
наук



Снежко Э.В.
кандидат
технических
наук, ведущий
научный
сотрудник
лаборатории
анализа
биомедицинских
изображений
ОИПИ НАН
Беларуси



Раджабов А.Г.
младший
научный
сотрудник
лаборатории
анализа
биомедицинских
изображений
ОИПИ НАН
Беларуси,
аспирант
ОИПИ НАН
Беларуси

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь

Email: kosareva@bsuir.by

Косарева А.А.

Окончила Самарский Национальный Исследовательский Университет им С.П. Королёва. Аспирант БГУИР. Работает в БГУИР в должности ассистента. Область научного интереса – обработка данных КТ.

Камлач П.В.

Доцент кафедры электронной техники и технологии, кан. техн. наук, доцент. Область профессиональных интересов/исследований: медицинская электроника; - Информационные технологии в медицине.

Ковалёв В.А.

Доцент кафедры биомедицинской информатики ФПМИ, кандидат технических наук, Заведующий лабораторией анализа биомедицинских изображений ОИПИ НАН Беларуси.

Снежко Э.В.

Кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории анализа биомедицинских изображений ОИПИ НАН Беларуси.

Раджабов А.Г.

Младший научный сотрудник лаборатории анализа биомедицинских изображений ОИПИ НАН Беларуси, аспирант ОИПИ НАН Беларуси.

Аннотация: в данной работе исследуется эффективность использования моделей сверточных нейронных сетей класса EfficientNet при решении задачи классификации слоя изображения компьютерной томографии лёгких. Приводятся результаты отнесения слоя КТ изображения к одному из классов в соответствии с содержимым анатомической области грудной полости на слое: верхние доли лёгких, сердце, печень. Оцениваются результаты обучения нейронной сети разных версий, определяется оптимальная модель из класса EfficientNet для решения поставленной задачи. Формулируются выводы о пригодности данного класса моделей к извлечению нейросетевых признаков изображений компьютерной томографии лёгких.

Ключевые слова: компьютерная томография (КТ) лёгких, EfficientNet, поиск похожего изображения, задача классификации, дескриптор изображения, нейросетевые признаки

Введение.

Классификация медицинских изображений является важной задачей, решение которой в ряде приложений позволяет реализовать и автоматизировать процесс поддержки диагностики патологий [1]. Одним из основных этапов в решении задач такого типа является подготовка размеченного набора данных, что требует не только наличия изображений определенной модальности и анатомической области, но и участия высококвалифицированного медицинского специалиста. При этом доля «человеческой ошибки» сохраняется и возникает необходимость создания инструмента автоматической разметки медицинских изображений по определенным признакам.

Исследование, представленное в данной статье, является частью более общей работы, цель которой - разработка программного комплекса для поддержки автоматизированной диагностики патологий органов грудной полости [2]. Данная система позволит обеспечить поиск схожего диагностического случая среди базы. Один из способов реализации разрабатываемой системы – использование нейросетевых признаков, полученных при обучении сверточных нейронных сетей на размеченном наборе данных.

В данной статье исследуется эффективность использования нейросетевых признаков КТ-изображений грудной клетки, полученных при обучении моделей класса EfficientNet, для решения задачи поиска схожих анатомических участков грудной полости.

Материалы и методы.

Для проведения исследования был использован предварительно размеченный на три класса набор данных (аксиальные срезы КТ изображения, содержащие верхние доли лёгких, сердце, печень), включающий в себя 413 изображения компьютерной томографии лёгких [3]. Каждая КТ серия состояла из около 150 аксиальных срезов размерами 512x512 пикселей. Была выполнена конвертация аксиальных слоёв в формат PNG (*.png). Предварительно было выполнено отсечение значений вокселей, не попадающих в диапазон между нижней и верхней границами по шкале Хаунсфилда, равными -125 и +255 соответственно (Рисунок 1) и приведено к диапазону от 0 до 255. Данный диапазон значений подходит для визуализации мягких тканей в области грудной полости [4], что является оптимальным вариантом при решении задачи классификации изображений внутренних органов.

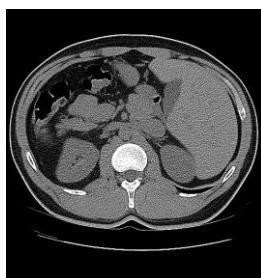


Рисунок 1. Изображение, значения которого находятся в диапазоне от -125 до +225

Ну

В качестве модели для обучения были использованы модели класса EfficientNet. Модели этого класса были разработаны в ходе исследования нового метода масштабирования нейронных сетей [5]. Масштабирование сети может происходить по трём направлениям: преобразование глубины (d), ширины (w) и разрешения (r). Каждый из этих параметров влияет на точность работы обученной сети. В классе моделей EfficientNet предлагается оценить эти параметры с помощью коэффициента смешивания (φ), описанного формулой:

$$\begin{aligned} \alpha \cdot \beta^2 \cdot \gamma^2 &\approx 2, \\ \alpha^\varphi &= d, \\ \beta^\varphi &= w, \\ \gamma^\varphi &= r, \\ \alpha, \beta, \gamma &\geq 1, \end{aligned} \tag{1}$$

где α, β, γ – промежуточные переменные, описывающие взаимосвязь между искомыми параметрами масштаба модели при установке определенного коэффициента смешивания.

Данное преобразование называется гибридным. Именно оно легло в основу разработки архитектуры моделей класса EfficientNet.

Так как разные модели EfficientNet имеют разное разрешение входного слоя (Таблица 1), предварительная подготовка данных, подаваемых на вход нейронной сети, отличается.

Таблица 1. Различие входного слоя моделей класса EfficientNet

Модель	Разрешение входного слоя
EfficientNetB0	224x224
EfficientNetB1	240x240
EfficientNetB2	260x260
EfficientNetB3	300x300
EfficientNetB4	380x380
EfficientNetB5	456x456
EfficientNetB6	528x528
EfficientNetB7	600x600

В данной работе были исследованы архитектуры EfficientNetB0 – EfficientNetB5. Это обусловлено тем, что исходное изображение имеет разрешение 512x512 пикселей, и приведение к большему разрешению не даст функционально новых признаков, при этом только увеличит время процесса обучения.

Результаты.

На рисунках 1-2 представлены графики изменения значений функций точности и потерь во время обучения на подготовленном наборе данных. Обучение проходило в течение 100 эпох. Параметры обучения оставались постоянными, менялись только размеры входного пакета данных при обучении для EfficientNetB4 и EfficientNetB5 (размер требуемого объема памяти графического ускорителя для обучения моделей с таким большим количеством параметров приводит к необходимости уменьшения размера входного пакета во время обучения сети).

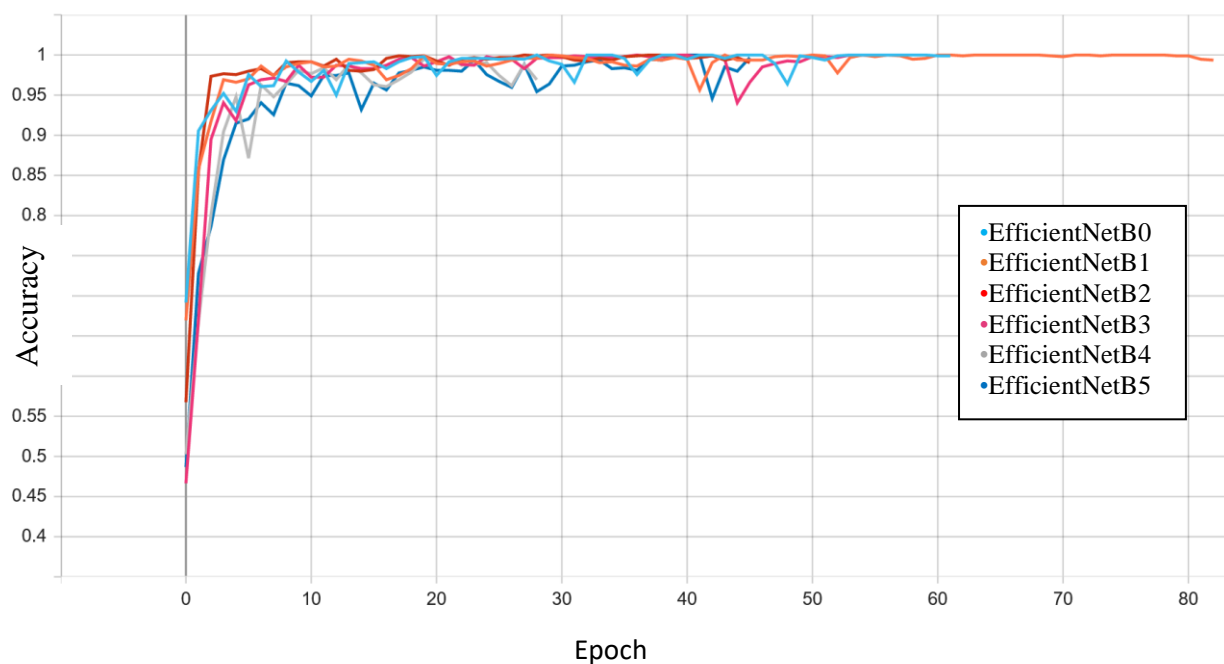


Рисунок 2. Кривая значений функции точности на обучающем наборе данных для моделей класса EfficientNet

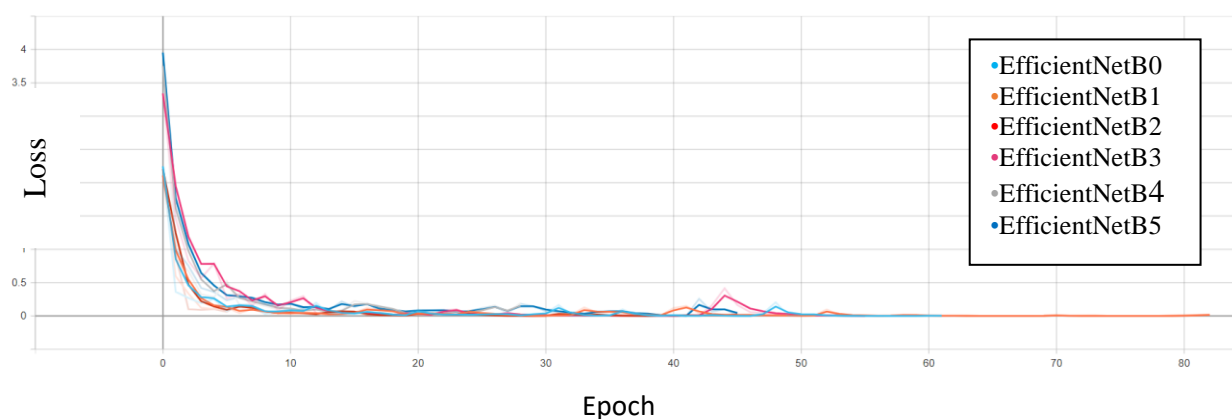


Рисунок 3. Кривая значений функции потерь на обучающем наборе данных для моделей класса EfficientNet

В таблице 2 приведены: количество параметров (весов) обучаемой нейронной сети, максимальные значения функций точности и потерь во время обучения. Все модели показали устойчивый результат при обучении. Наименьшее значение функции потерь на контрольной выборке имели модели EfficientNetB1 и EfficientNetB4. Однако остальные модели также показывают хороший результат, поэтому было необходимо ввести дополнительные параметры для выбора оптимальной модели в рамках решения нашей задачи.

Для оценки способности моделей распознать схожесть слоёв изображения компьютерной томографии лёгких, относящихся к одному классу, был проведён дополнительный эксперимент.

Таблица 2. Результаты обучения моделей класса EfficientNet на исследуемом наборе данных

Модель	Общее количество обучаемых параметров	Val_loss	Val_accuracy
EfficientNetB0	4,011,391	0.00009	1.
EfficientNetB1	6,517,027	0.00001	1.
EfficientNetB2	7,705,221	0.00040	1.
EfficientNetB3	10,700,843	0.00007	1.
EfficientNetB4	17,553,995	0.00003	1.
EfficientNetB5	28,346,931	0.00114	1.

Нейросетевыми признаками изображений назывался вектор значений на выходе слоя обученной нейронной сети, предшествующего полносвязному слою. Таким образом, при подаче входного изображения (слоя КТ изображения) получался вектор-дескриптор данного изображения, содержащий 1280 значений. Расстояние между дескрипторами оценивалось как $L1$ -норма разности двух дескрипторов. Чем меньше расстояние, тем ближе друг к другу изображения в пространстве признаков.

В качестве тестовой выборки для оценки расстояний между изображениями были выбраны соседние слои каждого класса (верх лёгкого, печень, сердце) одного пациента. (Рисунок 4). Данные слои анатомически схожи между собой и в рамках данного исследования предполагалось, что они являются наиболее близкими друг к другу из всего набора данных. Соответственно, чем меньше расстояние между дескрипторами этих изображений, тем более точна модель, позволяющая получить данный дескриптор.

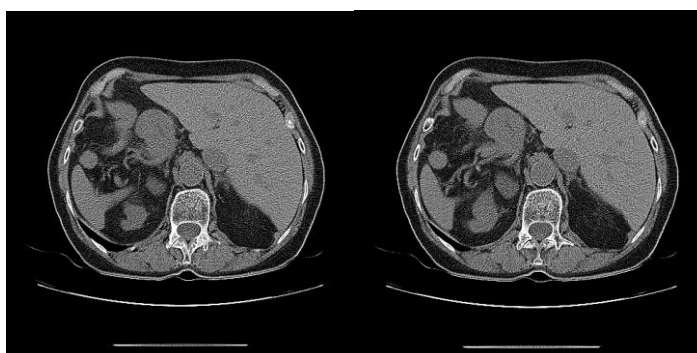


Рисунок 4. Соседние слои класса печень

В таблице 3 приведены значения расстояний между нейросетевыми дескрипторами разных моделей в разных классах.

Таблица 3 – Расстояние между соседними слоями одного пациента

Модель	Верх лёгкого	Печень	Сердце	Среднее
EfficientNetB0	0.039283723	0.01314193	0.025917768	0.026114
EfficientNetB1	0.071293	0.059221447	0.05568123	0.062065
EfficientNetB2	0.05748436	0.33201528	0.017679334	0.135726
EfficientNetB3	0.07199988	0.039694548	0.021171093	0.044289
EfficientNetB4	0.03687218	0.0048017204	0.021511555	0.021062
EfficientNetB5	0.0031098798	0.005650103	0.005241023	0.004667
Среднее по классу	0.046674	0.075754	0.024534	

Наилучший результат показала модель EfficientNetB5. Усредненное расстояние между изображениями каждого класса равно 0.004667. На втором и третьем месте находятся EfficientNetB4 (0.021062) и EfficientNetB0 (0.026114). Лучше всего определялась «схожесть» изображений класса «сердце» (0.024534), а хуже всего – класса «печень» (0.046674). При этом обученная модель EfficientNetB5 занимает 343,6 Мб, а EfficientNetB0 49,4Мб, что примерно в 7 раз меньше. По этой причине использование модели EfficientNetB0 было принято приемлемым для практического использования в составе разрабатываемого программного комплекса.

На последнем этапе выполнялась апробация обученной модели EfficientNetB0 на другом наборе данных [2], определялись двадцать ближайших слоёв среди всех изображений компьютерной томографии всех пациентов (~20000 слоёв) (Рисунок 5).

Все найденные ближайшие изображения относятся к одному классу, следовательно, нейросетевой дескриптор, полученный с использованием обученной модели EfficientNetB0 может быть использован при разработке системы поиска схожих анатомических областей на изображениях компьютерной томографии.

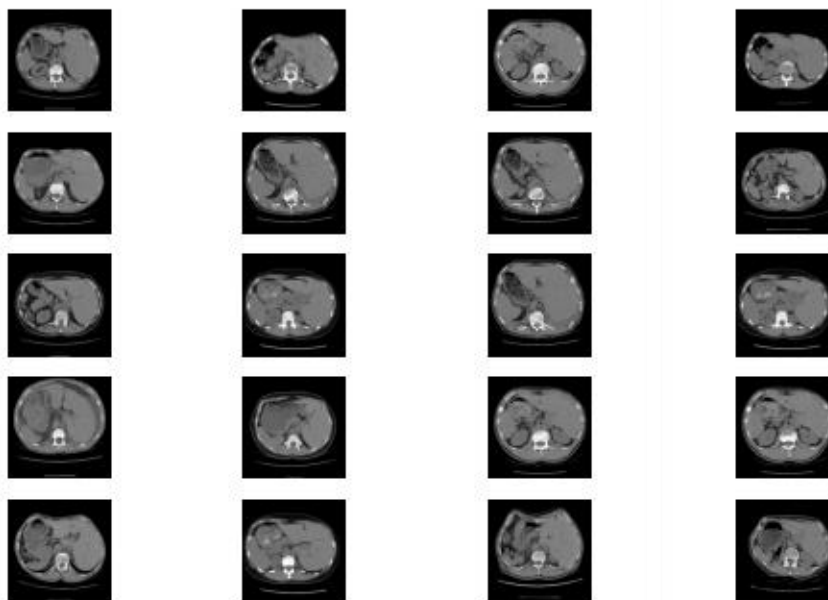


Рисунок 5. Окно работы программы с выводом двадцати ближайших изображений

Заключение.

Данное исследование позволяет сделать вывод о том, что нейросетевые дескрипторы, полученные при обучении моделей класса EfficientNet, пригодны к использованию при разработке системы поиска ряда анатомических областей на изображениях компьютерной томографии. Наилучший результат при этом показала модель EfficientNetB5, однако с точки зрения вычислительной эффективности приемлемо также для решения обозначенной задачи использовать модель EfficientNetB0.

Следующим этапом исследования является обзор других архитектур нейронных сетей и традиционных методов извлечения признаков изображений и введения параметра оценки «схожести», позволяющего проводить сравнительный анализ исследуемых методов.

Список использованных источников

- [1] Yadav, S.S., Jadhav, S.M. Deep convolutional neural network based medical image classification for disease diagnosis. J Big Data 6, 113 (2019). <https://doi.org/10.1186/s40537-019-0276-2>
- [2] Исследование и подготовка архива КТ-изображений патологий лёгких для системы автоматического поиска заданного анатомического участка // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня : сборник научных статей VII Международной научно-практической конференции, Минск, 19-20 мая 2021 года / редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск : Бестпринт, 2021. – С. 253–257.
- [3] Morozov, S. et al. MosMedData: chest CT scans with COVID-19 related findings. Preprint at <https://arxiv.org/abs/2005.06465> (2020).
- [4] Murphy, A., Baba, Y. Windowing (CT). Reference article, Radiopaedia.org. (accessed on 09 Feb 2022) <https://doi.org/10.53347/rID-52108>
- [5] Mingxing Tan and Quoc V Le. EfficientNet: Rethinking model scaling for convolutional neural networks. In Proceedings of International Conference on Machine Learning(ICML), 2019.

FINDING A SIMILAR ANATOMICAL AREA ON THE LUNG`S CT-IMAGE USING EFFICIENTNET

Kosareva A.A. <i>Assistant of Electronic Engineering and Technology Department, PhD student, BSUIR</i>	Kamlach P.V. <i>Associate professor of Electronic Engineering and Technology Department, PhD, BSUIR</i>	Kovalev V.A <i>PhD, Head of the Biomedical Image Analysis group, United Institute of Informatics Problems</i>	Snezhko E.V. <i>PhD, Leading Researcher, United Institute of Informatics Problems</i>	Radzhabov A.G. <i>PhD student, Junior Researcher United Institute of Informatics Problems</i>
--	---	---	---	---

BSUIR, Republic of Belarus
Email: kosareva@bsuir.by

Abstract: This paper explores the efficiency of using the EfficientNet network when solving the task of determining the similar layer of the computer tomography lung`s image. The results of searching for a similar layer based on pre-marked images are given. Three grades are used: the top of a lung, heart, liver. The results of learning the neural network of different versions are estimated, the optimal learning option is determined under the objective task. Formulate conclusions about the suitability of this class of models to extract neural network signs of images of computer tomography of lungs.

Key words: Computed tomography (CT) of lungs, EfficientNet, searching similar image, classification task, image descriptor, neural network features

УДК 004.021:004.75

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМЕ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ НА БАЗЕ MQTT-АРХИТЕКТУРЫ



В.Ф. Алексеев
доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем БГУИР, кандидат технических наук, доцент



Д.В. Лихачевский
декан факультета компьютерного проектирования БГУИР, кандидат технических наук, доцент



Г.А. Пискун
доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем БГУИР, кандидат технических наук, доцент



И.В. Андриялович
заместитель декана факультета компьютерного проектирования БГУИР, соискатель

В.Ф. Алексеев

Окончил Минский радиотехнический институт. Область научных интересов связана с разработкой методов и алгоритмов построения информационно-компьютерных систем, организацией учебного и научно-исследовательского процессов в техническом университете.

Д.В. Лихачевский

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов связана с исследованием проблем радиочастотной идентификации объектов, организацией учебного и научно-исследовательского процессов в техническом университете.

Г.А. Пискун

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов связана с разработкой методов и алгоритмов построения информационно-компьютерных систем, организацией учебного и научно-исследовательского процессов в техническом университете.

Аннотация. Выполнен анализ методов и алгоритмов оценки качества передачи информации, обеспечивающие качество бесперебойной передачи данных в системе диспетчеризации, построенной на базе MQTT-архитектуры.

Показано, что могут быть разработаны тесты для оценки работоспособности системы диспетчеризации на базе MQTT-архитектуры в различных условиях качества связи. Проведена оценка эффективности алгоритмов передачи информации в системе диспетчеризации на базе MQTT-архитектуры с различным уровнем качества обслуживания.

Ключевые слова: MQTT-архитектуры, оценка качества передачи информации, диспетчеризация, встроенные системы.

Введение.

В основном процесс передачи информации осуществляется через Internet. Для соединения с сервером используются различные способы передачи информации. Важным критерием в этом является выбор сетевого протокола передачи данных. Одним из которых является MQTT протокол, который преимущественно используется во встраиваемых системах. Преимуществами данного протокола является то, что качество и скорость соединения не имеет особого значения

Одной из главных задач, выполняемых устройствами телемеханики и диспетчеризации, является бесперебойное отслеживания состояния объекта по различным показателям. Поэтому создание и внедрение новых систем диспетчеризации и телемеханики является актуальной научной

задачей. Использование достижений современной системотехники позволяет обеспечить более эффективное и безопасное управление процессом, а также достичь необходимой адаптивности управления в условиях изменения показателей, по которым необходимо производить отслеживание, а также изменение объекта отслеживания.

Надежное функционирование таких систем возможно при наличии достоверной и своевременной информации о состоянии устройств на объекте, телемеханики и связи.

Большое значение в этой ситуации приобретают вопросы, связанные с внедрением устройств и новых методов получения и обработки информации.

Актуальность.

Оценка качества передачи информации является одним из наиболее перспективных и актуальных направлений исследования для современных систем телемеханики и диспетчеризации. Это обусловлено тем, что при передаче данных стали предъявляться высокие требования к качеству бесперебойной передачи данных (банковская сфера, медицина, сельское хозяйство, производство и т.д.).

Рядом специалистов [1–6] выполнен анализ методов и алгоритмов качества передачи информации в системе диспетчеризации и телемеханики на базе MQTT-архитектуры.

Одним из недостатков подобных систем является плохое качество передачи информации, а также потеря необходимых данных во время передачи информации по сети.

Анализ принципов работы протокола MQTT.

MQTT (MQ Telemetry Transport) – протокол обмена сообщениями, который предоставляет сетевым клиентам с ограниченными ресурсами простой способ распространения телеметрической информации. Протокол, который использует шаблон связи «публикация/подписка», используется для связи между устройствами и играет важную роль в Интернете вещей.

Кроме того, поверх уровня *TCP* стоит уровень стандартной безопасности *TLS (Transport Layer Security)*, ранее известный как *SSL (Secure Sockets Layer)*. Порт 8883 обеспечивает безопасность связи, если адрес брокера работает с этим портом, то трафик передаётся с шифрованием.

Это протокол, разработанный конкретно для *IoT*. Пример *IoT* экосистемы с использованием протокола MQTT представлен на рисунке 1 [7].

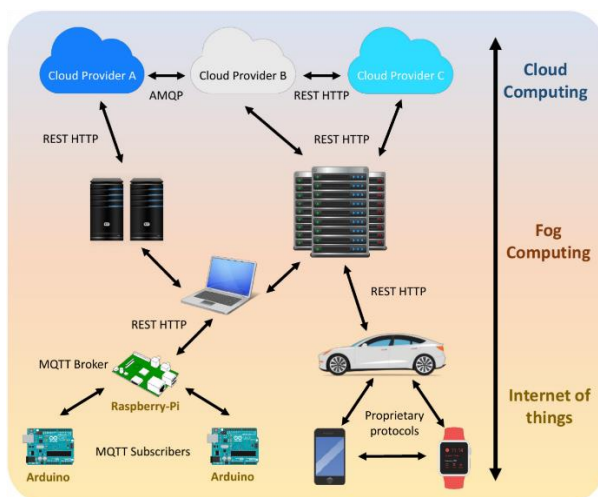


Рисунок 1. Пример *IoT* экосистемы с использованием протокола *MQTT*

Открытый и простой он предназначен для обмена информацией между разными устройствами и модулями. Упрощает соединение каналов связи быстро, качественно и своевременно. Отвечает за безопасность соединения, скорость передачи данных и практическое функционирование систем и программ. Защищает от всевозможных сбоев и неполадок, качественно выполняя свою работу.

MQTT позволяет устройствам интернета вещей с ограниченными ре-сурсами отправлять или публиковать информацию по заданной теме на сервер, который функционирует как посредник сообщений MQTT. Затем брокер передает информацию тем клиентам, которые ранее подписались на тему клиента. Для человека тема выглядит как иерархический путь к файлу. Клиенты могут

подписаться на определенный уровень иерархии темы или использовать подстановочный знак для подписки на несколько уровней.

Протокол MQTT является хорошим выбором для беспроводных сетей, которые испытывают различные уровни задержки из-за случайных ограничений полосы пропускания или ненадежных соединений. В случае разрыва соединения подписывающего клиента с брокером брокер буферизует сообщения и отправляет их подписчику, когда он снова подключается. Если соединение между клиентом публикации и посредником будет отключено без предварительного уведомления, посредник может закрыть соединение и отправить подписчикам кэшированное сообщение с инструкциями от издателя.

Сравнение протоколов взаимодействия во встраиваемых системах.

Протокол MQTT – простой протокол обмена сообщениями, реализующий модель «публикации/подписки» (*publish/subscribe*) и предназначенный для связи компьютеризированных устройств, подключённых к локальной или глобальной сети, между собой и различными публичными или приватными веб-сервисами.

Протокол создавался, чтобы обеспечить открытость, простоту, минимальные требования к ресурсам и удобство внедрения.

В сети на базе протокола MQTT различают 3 объекта:

– издатель (*Publisher*) – MQTT-клиент, который при возникновении определенного события передает брокеру информацию о нём, публикуя соответствующие топики;

– брокер (*Broker*) – MQTT-сервер, который принимает информацию от издателей и передает ее соответствующим подписчикам, в сложных системах может выполнять также различные операции, связанные с анализом и обработкой поступивших данных. Разные брокеры могут соединяться между собой, если они подписываются на сообщения друг друга;

– подписчик (*Subscriber*) – MQTT-клиент, который после подписки к брокеру большую часть времени «слушает» его и постоянно готов к приему и обработке входящего сообщения на интересующие топики от брокера.

Протокол *CoAP* (*Constrained Application Protocol*) – протокол, разработанный Инженерным советом Интернета (*IETF, Internet Engineering Task Force*) и описан в документе *RFC 7252*. Протокол работает на прикладном уровне, и предназначен для передачи данных по линиям с ограниченной пропускной способностью. *CoAP* был разработан на основе протокола *HTTP*, представляет собой двоичную его версию, но не является слепым его сжатием. *CoAP* состоит из подмножества *HTTP* функциональных возможностей, которые были вновь разработаны с учетом низкой мощности и малого потребления энергии ограниченных встраиваемых устройств, например, такие как датчик уровня пыли в помещении. Кроме того, были изменены различные механизмы и добавлены некоторые новые возможности, чтобы протокол подходил для Интернета Вещей.

Так, в отличие от протокола *HTTP*, который является текстовым и использует *TCP*, *CoAP* – это бинарный протокол, который транспортируется через *UDP*, что уменьшает размер его служебных данных и повышает гибкость в моделях связи. *CoAP* организован в два слоя: слой транзакций и слой «*Request/Response*».

Тестирование системы телемеханики и диспетчеризации с использованием различных уровней качества обслуживания.

Для того, чтобы количественно оценить объем передаваемых данных при использовании протокола MQTT с различным параметром *QoS*, были проанализированы транзакции клиент-сервера и количество передаваемых байтов. В таблице 1 содержится информация о количестве байтов и пакетов, передаваемых за одну транзакцию. Транзакция начинается, когда клиент отправляет данные, и заканчивается, когда сервер получает данные или, в некоторых случаях, при получении клиентом подтверждения.

Таблица 1. Количество байт и пакетов, передаваемых за одну транзакцию

<i>QoS</i>	<i>MQTT QoS0</i>	<i>MQTT QoS1</i>	<i>MQTT QoS2</i>
Количество байт	75	135	255
Количество пакетов	1	2	4

Сообщение делится на две части: полезную информацию и служебную. Эти части влияют на затраты ресурса каналов и энергии батарей питания. Для улучшения эффективности требуется снижение служебной информации. В таблице 2 показано отношение служебной информации к полезной в процентах при передаче одного сообщения.

Таблица 2. Отношение полезной информации к служебной

<i>QoS</i>	<i>MQTT QoS0</i>	<i>MQTT QoS1</i>	<i>MQTT QoS2</i>
Полезная информация, %	16,8	16,5	16,5
Служебная информация, %	83,2	85,5	85,5

В *MQTT* с *QoS0* служебные поля в пакете занимают небольшой объем, поэтому при сеансе связи тратится малое количество энергии.

На рисунке 2 представлены результаты исследования величины задержки при передаче сообщений.

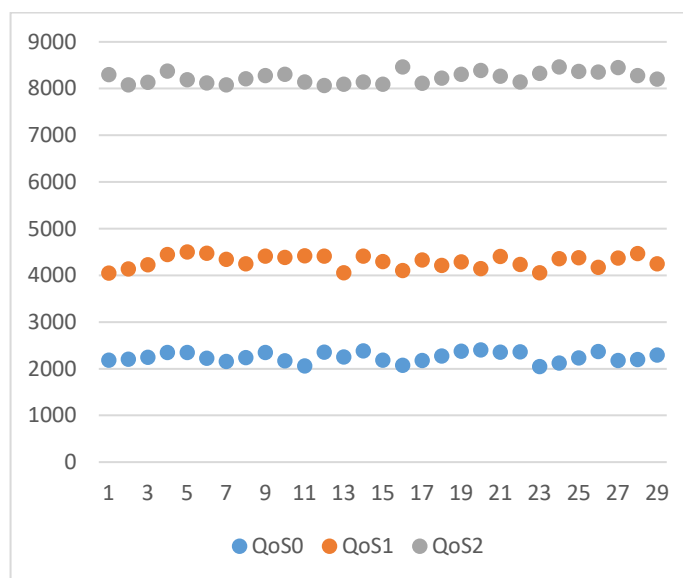


Рисунок 2. Величина задержки в миллисекундах для каждого сообщения

В таблице 3 представлен процент потерянных сообщений. Анализ данных показывает, что несмотря на то, что при использовании *QoS1* и *QoS2* значительно увеличивается задержка при отправке сообщений, уменьшается процент потерянных сообщений. Если не учитывать этот факт, можно понести значительные потери пакетов, что может быть критично в некоторых системах. В других системах, где не так важно каждое сообщение можно получить значительное увеличение времени на передачу сообщений, что может быть критично при большом количестве сообщений маленького размера

Таблица 3. Процент потерянных сообщений

Размер сообщения, <i>Byte</i>	Потеряно при <i>QoS0</i> , %	Потеряно при <i>QoS1</i> , %	Потеряно при <i>QoS2</i> , %
150	3,00	1,00	0,00
200	5,00	1,30	0,04
250	6,00	1,50	0,05
300	6,70	1,80	0,05

Принципы достижения высокого качества связи при использовании протокола передачи данных MQTT.

Можно предложить набор принципов, которые помогают оптимизировать использование пропускной способности и данных:

1. Выбор правильного *QoS*. Одной из ключевых функций, предлагаемых MQTT, является качество обслуживания (*QoS*). Сообщения *QoS0* являются самыми простыми, их также называют сообщениями сработал и забыл. Эти сообщения не имеют подтверждения от брокера (но все еще есть подтверждение от уровня TCP) и, следовательно, не имеют гарантированной доставки. Сообщения типа *QoS1* имеют гарантию того, что они будут доставлены, хотя возможно, что они могут быть доставлены несколько раз. Сообщения *QoS1* включают два уровня обмена данными на уровне приложений. Сообщения типа *QoS2* имеют гарантированную доставку ровно один раз. Сообщения типа *QoS2* имеют максимальные накладные расходы.

Учитывая тот факт, что уровень *QoS* и служебные данные обратно пропорциональны, стратегия выбора уровня *QoS* для ваших сообщений довольно проста. Все высокочастотные данные (обычно данные в реальном времени) могут быть отправлены с использованием *QoS0*, поскольку потеря нескольких пакетов данных не может быть критической. Следует использовать *QoS1* для сообщений, которые требуют гарантированной доставки, в основном это события, команды.

При разработке любого приложения важно объективно понимать стоимость выбора *QoS*. В качестве примера были измерены данные, потребляемые сообщением, на разных уровнях *QoS*. Сообщение «HelloWorld» было опубликовано в теме «test_test» с тремя различными уровнями *QoS*, а данные, которыми обменивались, были захвачены с помощью Wireshark (таблица 4).

Потребление данных снижается примерно до 50% при использовании *QoS1* в сравнении с *QoS2*. Точно так же *QoS0* использует на 40% меньше данных, чем *QoS1*.

Следовательно, правильно будет использовать *QoS0* для периодической информации, которую необходимо отправлять на сервер. Не следует использовать *QoS1* для команд с сервера, потому что существует возможность избыточной доставки команд. Хотя *QoS2* выглядит очевидным решением для команд с сервера, это не экономичный выбор.

Таблица 4. Количество байт, потребляемые сообщением, на разных уровнях *QoS*

<i>QoS</i>	MQTT <i>QoS0</i>	MQTT <i>QoS1</i>	MQTT <i>QoS2</i>
Количество байт	87	126	241

2. Минимизация сообщений *QoS2*. Накладные расходы сообщений *QoS2* сопоставимы с HTTP. У них на 50% больше накладных расходов, чем у сообщений *QoS1*. Сообщения *QoS1* можно использовать для замены сообщений *QoS2* в большинстве приложений. Проблема с сообщениями *QoS1* в том, что они могут доставляться несколько раз. Есть два способа избежать этого.

Первое решение применяется, когда вы контролируете реализацию клиентской библиотеки MQTT. В каждом пакете публикации MQTT есть поле «Идентификатор пакета». Это поле обычно увеличивается для каждого нового пакета, опубликованного брокером для клиента. Если вы получите такое же сообщение (в случае *QoS0*), то поле «Идентификатор пакета» останется прежним. Клиент может поддерживать список «идентификаторов пакетов», полученных в последних нескольких сообщениях (~10), и использовать его для определения, является ли новое полученное сообщение дубликатом.

Если у вас нет контроля над реализацией клиентской библиотеки MQTT, вы можете создать механизм виртуального идентификатора пакета (VPI). Полезная нагрузка каждого сообщения MQTT может быть настроена так, чтобы содержать VPI, этот VPI может увеличиваться отправителем сообщения всякий раз, когда публикуется новое сообщение. Клиент может вести список нескольких последних полученных VPI и использовать его для фильтрации повторяющихся сообщений.

3. Тщательный выбор названия тем. Поле заголовка содержит название темы в формате UTF8. Это означает, что длинное название темы составляет большую часть сообщения.

В том случае, если необходимо опубликовать (*QoS0*) информацию размером 20 байт по теме. Размер сообщения публикации будет включать в себя размер сообщения, размер заголовка, размер темы. Таким образом, размер темы занимают значительную часть сообщения. Следует выбирать стратегию именования так, чтобы в них содержалась только важная информация.

Заключение.

Использование данных и пропускной способности является основным ограничением при проектировании периферийных устройств *IoT*. В отличие от сотовых данных для обычного использования сотовые данные корпоративного уровня с длительным временем безотказной работы обычно дороги. Следовательно, ограничения на потребление данных становятся более актуальными, если периферийное устройство полагается на сотовые данные. Неправильный дизайн приложений может перестать использовать преимущество низкого потребления данных, которое *MQTT* предлагает для систем *IoT*.

Список литературы

- [1] Росляков, А.В. Интернет вещей: учебное пособие / А.В. Росляков, С.В. Ваняшин, А.Ю. Гребешков – Самара: ПГУТИ, 2015.— 200 с.
- [2] Марц, Натан Большие данные. Принципы и практика построения масштабируемых систем обработки данных в реальном времени: моногр. / Натан Марц , Джеймс Уоррен. – М.: Вильямс, 2016. – 368 с.
- [3] Тейлор, Джеймс Получение конкурентных преимуществ путем автоматизации принятия скрытых решений / Джеймс Тейлор , Нил Рэйдэн. – М.: Символ-плюс, 2009. – 448 с.
- [4] Фуругян, Меран Алгоритмы планирования вычислений и синтеза систем реального времени / Меран Фуругян. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 232 с.
- [5] Хетагуров, Я. А. Проектирование автоматизированных систем обработки информации и управления (АСОИУ). Учебник / Я.А. Хетагуров. – М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2015. – 240 с.
- [6] Протокол MQTT. Особенности, варианты применения, основные процедуры MQTT Protocol: [Электронный ресурс]. URL: <http://tsonline.ru/articles2/fix-corp/protokol-mqtt-osobennosti-varianty-primeneniya-osnovnye-protsedury-mqtt-protocol>. (Дата обращения: 21.03.2022).
- [7] IoT, туман и облака: поговорим про технологии? [Электронный ресурс]. URL: <https://3-info.ru/post/2814> (Дата обращения: 21.03.2022).

QUALITY EVALUATION OF INFORMATION TRANSFER IN A DISPATCHING SYSTEM BASED ON MQTT ARCHITECTURE

V.F. ALEKSEEV
*Associate Professor,
Department of
Information Computer
Systems Design, PhD of
Technical sciences,
Associate Professor*

D.V. LIKHACHEVSKY
*Dean of the Faculty of
Computer Design of
BSUIR,
PhD of Technical
Sciences, Associate
Professor*

G.A. PISKUN
*Associate Professor of
the Department of
Design of Information
and Computer Systems
of BSUIR, PhD of
Technical Sciences,
Associate Professor*

I.V. ANDRYALOVICH
*Deputy Dean of the
Faculty of Computer
Design of BSUIR,
postgraduate student of
the Department of IP&E*

*Department of Information and Computer Systems Design
Faculty of Computer Engineering
Belarusian State University of computer science and Radio Electronics, Republic of Belarus
E-mail: alexvikt.minsk@gmail.com*

Abstract. The analysis of methods and algorithms for assessing the quality of information transfer, which ensure the quality of uninterrupted data transfer in a dispatch system built on the basis of the MQTT architecture, is carried out.

It is shown that tests can be developed to evaluate the operability of a dispatch system based on the MQTT architecture under various conditions of communication quality. The effectiveness of information transfer algorithms in a dispatch system based on the MQTT architecture with different levels of quality of service has been evaluated.

Keywords: MQTT architectures, information transfer quality assessment, scheduling, embedded systems.

АВТОРСКИЕ ИНДЕКСЫ

А		Венгеренко В.В.	213
Абдулаева О.С.	29	Верняховская.	32
Абдул-Азалова М.Я	55	Волорова Н.А.	174, 330
Алексеев В. Ф.	425, 450, 483	Воробей А.В.	325
Алимова Ф.М.	43	Г	
Адриалович И.В.	425, 450, 483	Гальченко М.И.	151
Архипова Л. И.	22	Голованов Р.А.	119
Ахмер Е.	79	Д	
Ахметова Ж.Ж		Давыдовский А.Г.	462
Ахунджанов У.Ю.	44	Денисов А.Р.	411
Б		Дик К.С.	67
Батура М.П.	174, 330	Дик С.К	162
Бекназарова С.С	13	Дик С.С.	162
Бектемысова Г.У.	79	Довлетова С.Б.	102
Беляк А.А.	345	Джураев Т.Ш.	102
Богдановский А.В.	372	Джураева Н.С.	102
Богурин А.В.	218	Ж	
Бойко И.М.	138	Журавлев В. А.	210
Бондарик В.М.	195	З	
Боровиков С.М.	162	Зорко П.А.	174, 330
Бранцевич П.Ю.	440,	И	
Буга А.В.	124	Исмаил А-К.Х.	302
Быков. А.	32	К	
В		Казак Т.В.	119, 202, 273
Вакалов М.Е.	240	Казючиц В.О.	162
Васьковский М.М.	257	Камлач П.В.	195, 476
Василькова А.Н.	119	Карасик О. Н.	56
		Кардаш С. Н.	142

Карлович Н.В.	158	Н	
Керзина Е.А.	245	Навроцкий А.А.	367
Кисель А.А.	378	Наим Н.А.	98
Кобяк И.П.	312	Нестеренков С. Н.	213, 252, 320, 345, 378, 421
Ковалев В.А.	476		
Козарь Р.В.	367	Новик А.Г.	325
Коркин Л.Р.	223	Нугманова М.А.	230
Коркина Л.Р.	223	О	
Косарева А.А.	476	Оганезов И.А.	124
Кот К.А.	234	Одиноченко М.И.	252
Кулевич А.О.	174, 330	Онгарбаева А.И.	112
Кулешова А.В.	257	П	
Куприянова Д.В.	206	Пархименко В.А.	32
Кучеренко В.Т	320	Перцев Д.Ю.	206, 303
Л		Пискун Г. А.	425, 450, 483
Лещевич Е.И	195	Пилецкий И.И.	67, 174, 330
Лихачевский Д. В.	112, 425, 450, 483	Порембская О.Я.	151
Логинова А.А.	411	Прихожий А.А.	56
Лосик Г. В.	138, 218	Проровский А.Г.	357
Лукашевич М.М.	431	Прудник А.М.	285
М		Р	
Макаров А.Н.	431	Раджабов А.Г.	476
Маклак Е.С.	223	Рагель Д.М.	134
Марахина И.В.	300	Ревинская И.И.	195
Марков А.Н.	213, 320, 378, 421	Ремнева М.А.	372
Марковская Н.В.	234	С	
Матюшонок П.А.	412	Саевич К. Ф.	223
Мирзахалилов С.С.	102	Семёнов Е.Е.	457
Медведев О.С.	223	Сидоренко А.В.	382

Синицина В.В.	285	Черемисинов Л.Д.	349
Снежко Э.В.	476	Черноризов А.М.	218
Солодухо Н.А.	382	Чураков А.В.	112
Спиридонова О.С.	109, 158	Ш	
Старовойтов В.В..	44	Шарипбаев А.А.	112
Т		Шаталова В.В.	202
Ткаченко В.В.	393	Шведко В.Н.	273
Ф		Шилов И.В.	320
Филипеня О.Л.	403	Шкор О. Н.	191
Филиппов Н.Ю.	431	Шупейко И. Г.	457
Х		Щ	
Хаткевич Л.А.	457	Щербина Н. В.	124, 265
Храбров В.В.	393	Я	
Ч		Яблонский О.Л	109
Черемисинов Д.И.	349		

Научное издание

BIG DATA AND ADVANCED ANALYTICS

BIG DATA И АНАЛИЗ ВЫСОКОГО УРОВНЯ

СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ
VIII МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Республика Беларусь, Минск, 11-12 мая 2022 года)

В авторской редакции
Ответственный за выпуск *С.К. Дик*
Компьютерная верстка *И.В. Андриалович*

Подписано в печать 05.05.2022. Формат 60×84 1/8.40:000
Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 57,08. Уч.-изд. л. 30,04.
Тираж 20 экз. Заказ 72.

Издатель и полиграфическое исполнение
УП «Бестпринт». Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий №1/160 от 27.01.2014.
Ул. Филатова д. 9, к. 1. 220026, г. Минск.



中关村

Z-Park

ZHONGGUANCUN SCIENCE PARK

