

Учреждение образования
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

УДК 681.3;378.016

ГЕРМАН
Юлия Олеговна

**МОДЕЛИ, МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ИНТЕРАКТИВНОЙ СИСТЕМЫ
ДЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБУЧАЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

по специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Минск 2018

Научная работа выполнена в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

Научный руководитель	Гурин Николай Иванович , кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры информационных систем и технологий учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»
Официальные оппоненты:	Липницкий Станислав Феликсович , доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник отдела совместных программ космических и информационных технологий государственного научного учреждения «Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси» Шибут Марина Станиславовна , кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры управления информационными ресурсами Академии управления при Президенте Республики Беларусь
Оппонирующая организация	Международный институт дистанционного образования Белорусского национального технического университета

Защита состоится «17» мая 2018 г. в 14.00 на заседании совета по защите диссертаций Д 02.15.04 при учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, г. Минск, ул. П. Бровки, 6, корп. 1, ауд. 232, тел. 293-89-89, email: dissovet@bsuir.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

Автореферат разослан «29» марта 2018 г.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций,
кандидат технических наук, доцент

П. Ю. Бранцевич

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

В связи с распространением электронного обучения (*e*-обучения) возникает проблема создания виртуального (электронного) учителя для автоматизации рутинных функций обучения, предоставления реальному учителю большего времени для творчества. Необходимо также предоставить учащемуся возможность активно взаимодействовать с системой обучения.

Реализация виртуального «учителя» является одной из важнейших задач, связанных с созданием современных обучающих средств, интегрирующих технологии искусственного интеллекта. При реализации виртуального «учителя» имеются две фундаментальные проблемы: взаимодействие с «учеником» на ограниченном подмножестве естественного языка и выработка стратегии, например, в условиях неполной информированности, входа «в тупик», наличия альтернативных сценариев. Обе проблемы требуют активного изучения и прикладной реализации. Анализ результатов показывает, что имеющийся задел недостаточен и требуется его наработка. Особенно это касается реализации системы взаимодействующих подсистем «учитель» и «ученик». Решению указанных двух важных проблем системы электронного обучения и посвящена диссертационная работа.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами

Тема диссертационной работы соответствует перечню приоритетных направлений, определенных Указом Президента Республики Беларусь от 22.04.2015 (№166) «О приоритетных направлениях научно-технической деятельности в Республике Беларусь на 2016–2020 годы» (направление «Информационно-коммуникационные и авиакосмические технологии: технологии развития информационного общества»).

Работа выполнялась в рамках ГБ НИР 11-2016 «Методы, модели и технологии современных информационно-аналитических и управляющих систем» (№ ГР 20112038. – Минск : БГУИР, 2016) на кафедре информационных технологий автоматизированных систем БГУИР.

Цель и задачи исследования

Целью диссертационного исследования является создание математических методов и программных средств для автоматизации решения задач, связанных с разработкой и функционированием интерактивных электронных систем обучения.

Поставленная цель требует решения следующих задач:

1. Разработать метод поиска в неупорядоченном массиве текстовых объектов на основе ключевых слов со значительным их искажением и обеспечить при этом соответствие ответа поисковому запросу.

2. Разработать метод ускоренного поиска текстовых объектов на основе дерева, работающий с ключевыми словами, содержащими искажения.

3. Формализовать задачу взаимодействия виртуального «учителя» и «ученика» в электронной системе обучения.

4. Разработать методы принятия решений «учителем» в условиях неоднозначности оценки ситуации и противоречивости поведенческой модели виртуального «учителя».

5. Разработать программные средства, реализующие предложенные модели, методы и алгоритмы в рамках электронной обучающей системы.

Объектом исследования является математическое и программное обеспечение системы электронного обучения. Предметом исследования являются:

- модели и методы поиска информации для работы с текстом;
- модели и методы взаимодействующих подсистем в системе электронного обучения.

Научная новизна

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Впервые предложена новая метрика для оценки сходства слов на основе линейной аддитивной функции свертки критериев, отличающаяся от известных метрик Жаккара, Дайса и на основе биграмм введением взвешенных критериев для распознавания слов с ошибками с учетом не только биграмм исходного слова, но и биграмм слова, полученного отбрасыванием гласных букв, что позволяет учесть семантику слова, а также оригинальной оценкой размера общей части распознаваемого слова и слова-образца, что позволяет сохранить распознаваемость слов из словаря с ошибками на уровне, не уступающем уровню, обеспечиваемому указанными метриками, и сократить количество ложно распознанных слов в сравнении с данными метриками. Достоверность полученных результатов подтверждена экспериментально.

2. Усовершенствованы поисковая модель на основе дерева с узлами, ассоциированными с ключевыми словами, и метод ускоренного поиска ответов на вопросы с возможными ошибками. Модель отличается от известных моделей использованием интервальных хеш-кодов узлов дерева и применением разработанного метода ускоренного поиска ответов на вопросы с возможными ошибками с сохранением экспериментально обоснованного смыслового

соответствия ответов. Предложенный подход устраняет основной недостаток известных методов, которые не позволяют в практически разумных пределах охватить значимую часть списка возможных слов с ошибками.

3. Впервые разработана формализованная логическая модель виртуального «учителя», отличающаяся от модели на основе недетерминированных автоматов возможностью представления не только правил для переходов на множестве состояний виртуального «учителя», но и формул, ограничивающих комбинации обрабатываемых сигналов от «ученика». В отличие от нейронных сетей предложенная модель допускает наличие противоречий, что повышает устойчивость системы.

4. Разработан новый метод поиска решения в противоречивой логической системе формул, который не использует многозначные исчисления в отличие от известных подходов Белнапа, Павляка и др. Это означает, что устранена необходимость интерпретации ответов на языке многозначных исчислений в системе с двумя значениями истинности (0,1), что является одной из существенных проблем при практическом применении многозначных логик, поскольку подобная интерпретация является самостоятельной научно-прикладной задачей.

5. Разработан новый метод коррекции поведения виртуального «учителя» в условиях отсутствия продолжения поведенческого сценария в системе, описываемой правилами «если – то», отличающийся возможностью реконфигурации поведенческой модели в сравнении с системами логического вывода, что приводит к повышению устойчивости системы обучения в условиях неполноты информационной модели.

Положения, выносимые на защиту

1. Новая метрика для оценки сходства слов, отличающаяся от известных метрик Жаккара, Дайса и метрики на основе биграмм более высоким качеством распознавания слов с ошибками, обеспечивающая согласно проведенным экспериментам сокращение ложно распознанных слов в сравнении с метриками Жаккара и Дайса не менее чем на 50 %, метрикой на основе биграмм – на 10 %, а также распознавание слов из словаря с ошибками на уровне, не уступающем уровню, обеспечиваемому указанными метриками.

2. Поисковая модель на основе дерева с интервальными хеш-кодами узлов и ассоциированными с ними ключевыми словами и метод ускоренного поиска ответов на дереве на вопросы с ключевыми словами, содержащими ошибки. Предложенные модель и метод обеспечивают ускорение поиска по сравнению с поиском на неупорядоченном массиве слов в диапазоне от 2 до 30 раз при изменении числа ключевых слов от 50 до 1300, а также позволяют охватить в

широких пределах множества искаженных ключевых слов и получить ответы с экспериментально обоснованной релевантностью запросам.

3. Формализованная логическая модель виртуального «учителя», отличающаяся более высокой степенью универсальности за счет представления произвольных логических формул, необязательно связанных с переходами на множестве состояний «учителя», в отличие от модели на основе недетерминированных автоматов, а также возможностью наличия противоречий, что важно при принятии решений и отличает данную модель от известных, например, на основе нейронных сетей.

4. Метод поиска решения в логически противоречивой системе формул, который не использует многозначные исчисления в отличие от известных подходов Белнапа, Павляка и др., что позволяет его эффективно адаптировать к методам классической логики.

5. Метод коррекции поведения виртуального «учителя» в условиях отсутствия продолжения поведенческого сценария в системе, описываемой правилами «если – то», отличающийся возможностью реконфигурации поведенческой модели в сравнении с системами логического вывода, что приводит к повышению устойчивости системы обучения в условиях неполноты информационной модели.

Личный вклад соискателя ученой степени

Все заявленные в диссертационной работе результаты получены автором лично на основе описанных в работе подходов. В публикациях с соавторами вклад соискателя определяется рамками излагаемых в диссертации результатов. Определение цели, задач исследования, организация экспериментов и анализ их результатов проводились совместно с научным руководителем, канд. физ.-мат. наук, доцентом Н. И. Гуриным.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Основные положения и результаты исследований обсуждались на различных конференциях: VII Международная научно-методическая конференция «Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века» (1–2 декабря, 2011 г., Минск, БГУИР); Международная научная конференция «Информатизация образования 2012: педагогические основы разработки и использования электронных образовательных ресурсов» (24–27 октября 2012 г., Минск, БГУ); 10-я Международная научно-техническая конференция «Наука – образованию, производству и экономике» (Минск, БНТУ, 2012 г.); Международная научная конференция «Информационные технологии и системы (ИТС 2013)» (23 октября

2013 г., Минск, БГУИР); VIII Международная научно-методическая конференция «Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века» (5–6 декабря, 2013 г., Минск, БГУИР); Научно-техническая конференция «Информационные технологии в технических и социально-экономических системах» (Минск, БНТУ, 2014 г.); Международная научно-практическая конференция «Информационные технологии в технических, правовых, политических и социально-экономических системах» (20 апреля 2017 г., Минск, БНТУ).

Результаты работы реализованы в рамках ГБ НИР 11-2016 «Методы, модели и технологии современных информационно-аналитических и управляющих систем», выполненной на кафедре информационных технологий автоматизированных систем БГУИР.

Результаты диссертационной работы внедрены и используются:

- на предприятиях ООО «Шихон» (г. Москва), ООО «Сангфей СЕС Электроникс рус» (г. Москва);
- в учебном процессе учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» и Белорусского национального технического университета.

Опубликование результатов диссертации

По результатам выполненных исследований опубликовано 14 печатных работ (3,52 а. л.), в том числе: 1 глава в монографии, 6 статей в рецензируемых научных периодических изданиях, входящих в перечень ВАК Республики Беларусь, 3 статьи в сборниках материалов научных конференций, 4 тезиса докладов.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из перечня сокращений и условных обозначений, введения, общей характеристики работы, четырех глав с краткими выводами, заключения, библиографического списка и шести приложений. Общий объем диссертационной работы составляет 156 страниц, из них 102 страницы текста, 29 иллюстраций на 19 страницах, 16 таблиц на 19 страницах, библиографический список из 78 наименований на 6 страницах, список публикаций соискателя из 14 наименований на 2 страницах и 6 приложений на 45 страницах.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В **первой главе** рассматривается проблематика задач, связанных с разработкой интерактивных обучающих систем на основе технологий *ITS* (*Intelligent tutoring systems*). Указывается, что одной из важнейших задач интеллектуализации среды обучения является реализация виртуального «учителя» – подсистемы, активно взаимодействующей с обучаемым на основе формализованных поведенческих моделей. Представлены известные подходы к реализации поиска информации, описанию поведения в системе «учитель» – «ученик» на основе взаимодействующих подсистем, проблеме идентификации состояний, обработке естественно-языковых запросов. Сформулированы две научные проблемы диссертационного исследования с целью дальнейшего развития электронных систем обучения:

– разработка механизмов принятия решений в противоречивой и неполной поведенческой модели системы взаимодействия «учитель» – «ученик»;

– повышение степени релевантности и ускорения поиска ответа при существенном искажении слова.

Эти проблемы составляют широкий спектр актуальных задач.

Вторая глава посвящена разработке методов поиска информации в системе электронного обучения. Центральная задача главы – разработка системы поиска для запросов с ошибками. Разработан метод поиска текстового блока по ключевым словам с учетом возможных синтаксических ошибок в записи ключевых слов. Для реализации метода создан алгоритм проверки совпадения (близости) двух слов, использующий интегральный критерий сходства вида

$$I = \lambda_1 \cdot \alpha_1 + \lambda_2 \cdot \alpha_2 + \lambda_3 \cdot \beta, \quad (1)$$

$$\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 = 1, \lambda_1, \lambda_2, \lambda_3 \geq 0,$$

где $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ определяют приоритеты (веса) для критериев совпадения исходного слова с эталоном (α_1) и скелетона (слова с исключенными гласными буквами) искомого слова со скелетоном эталона (α_2). Оценку сходства слова с эталоном находим по формуле

$$\alpha = \frac{n_{1,2}}{n_{search_pattern}}, \quad (2)$$

где $n_{1,2}$ – число совпадающих биграмм в списках биграмм искомого и эталонного слов;

$n_{search_pattern}$ – размер списка биграмм искомого слова.

Кроме этого, учитываем общее число совпавших букв в заданном слове и эталонном слове. Эта оценка вычисляется таким образом:

$$\beta = \sqrt{q_1 \cdot q_2}, \quad (3)$$

где q_1 – процент совпавших букв в слове-эталоне;

q_2 – процент совпавших букв в заданном слове.

Для практического применения экспериментально установлено, что наиболее эффективное распознавание достигается при $\lambda_1 = 0,24$, $\lambda_2 = 0,36$, $\lambda_3 = 0,4$.

Для оценки качества введенной метрики (1) были проведены две серии экспериментов, результаты которых приведены в таблицах 1, 2. В первой группе экспериментов на вход распознавателей подавались слова из словаря распознавателя по курсу «Построение и анализ алгоритмов» для студентов-иностранцев, но с искажениями (таблица 1). Во второй группе экспериментов на вход распознавателей подавались слова, не входящие в словарь распознавателя, без искажений (таблица 2).

Таблица 1. – Общие результаты первой серии экспериментов (группа 1)

Расознавание	Метрика Дайса	Метрика Жаккара	Метрика на основе биграмм	Метрика, предложенная в диссертации
Слово распознано верно	75	75	50	72
Слово не распознано (<i>not found</i>)	–	6	46	27
Слово распознано неверно	25	19	4	1

Таблица 2. – Общие результаты второй серии экспериментов (группа 2)

Расознавание	Метрика Дайса	Метрика Жаккара	Метрика на основе биграмм	Метрика, предложенная в диссертации
Слово распознано со значением « <i>not found</i> »	4	25	73	84
Слово распознано неверно	96	75	27	16

Из таблиц видно, что данная метрика (1) обладает преимуществами в сравнении с известными метриками Дайса, Жаккара и биграмм и подтверждает преимущества, указанные в научной новизне диссертации.

Разработан метод поиска ответов, релевантных запросу, представленному набором ключевых слов с возможными ошибками правописания. Метод

использует индексное поисковое дерево и базируется на значениях подынтервалов $[\alpha, \beta]$ изменения хеш-кодов (средних псевдо-ASCII-кодов) слов. Значения α, β определяются экспериментально на общем интервале $(0,1000]$. Они задают подынтервалы, в пределах которых изменяются средние значения хеш-кодов слов с учетом возможных ошибок. Таким образом, средний псевдо-ASCII-код для различных слов разбросан по заданному общему интервалу $(0,1000]$. Для определения подынтервалов проводится серия экспериментов, в которой генерируются возможные ошибки в словах: удаление символа в случайной позиции слова, вставка символа в случайной позиции слова, замена символа на другой, случайно выбираемый из алфавита. Ошибки могут быть с кратностью от 1 до 4. Используем фиксированную (одну и ту же) длину подынтервалов и подбираем ее таким образом, чтобы число ключевых слов, попавших в подынтервал, было незначительным. Фрагмент поискового дерева при использовании псевдо-ASCII-кодов слов показан на рисунке 1. В вершинах указаны значения подынтервалов, по которым нетрудно найти ключевые слова, ассоциированные с вершинами. Каждое слово вопроса «прогоняется» по дереву (исключая предлоги, вопросительные слова, союзы, местоимения). Определяются узлы, в интервалы которых попадают хеш-коды слов (если такие есть). Для каждого слова, попавшего в узел, производится оценка сходства со словами, ассоциированными с этим узлом. Если слово распознано, то для него автоматически выбирается набор текстовых блоков, где оно содержится.

Данный алгоритм поиска на дереве адаптирован к случаю поиска по нескольким ключевым словам с ошибками, для которых отыскивается список общих текстовых блоков и выбираются блоки с наибольшим числом попаданий ключевых слов, а при равенстве последних – учитывается число попаданий других слов запроса.

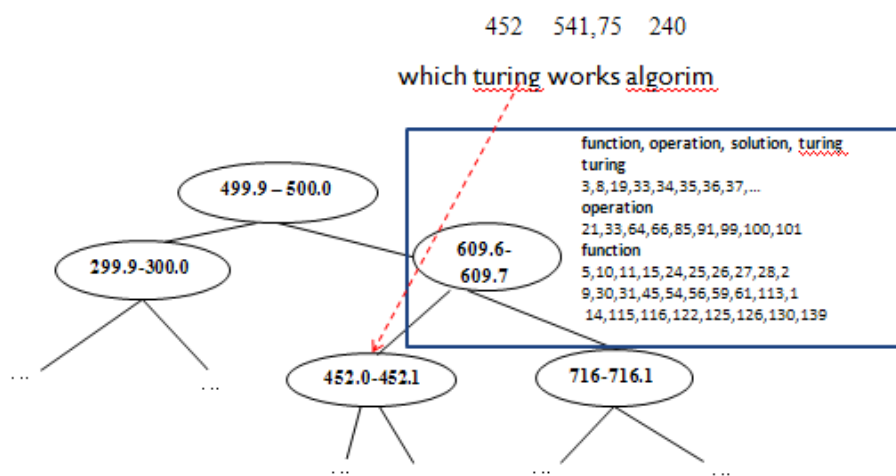


Рисунок 1. – Пример индексного дерева, построенного на подынтервалах

Повысить степень релевантности ответов можно, если использовать не ключевые слова, а их скелетоны. Так, в серии экспериментов по распознаванию одиночных искаженных слов на дереве распознавалось 100 вариантов с искажениями каждого слова (в среднем распознано 95,12 % слов, на скелетонах – 96,64 %), во второй серии из 200 вариантов в среднем распознано 91,82 % слов, на скелетонах – 95,35 %. Из этого следует, что использование скелетонов ключевых слов дает более релевантный ответ, однако при этом увеличивается максимальное число слов в узле примерно в два раза.

При проверке на распознавание искаженных запросов с заранее известным ответом (каждый из 50 запросов искажался случайным образом 50 раз) на ограниченном подмножестве естественного языка получена достаточно высокая степень (88 %) релевантных ответов.

При сравнении с метрикой *TF-IDF* (при поиске только по ключевым словам) также получено превосходство: метрика *TF-IDF* дала релевантный ответ в 56 случаях из 100, неоднозначный – в 24, нерелевантный – в 20. Разработанный механизм поиска дал релевантный ответ в 73 случаях, неоднозначный – в 18, нерелевантный – в девяти.

В серии экспериментов сравнения с известными поисковиками разработанная программа распознала 134 слова с ошибками из 200 слов (67 %). *Google* распознал 59 слов из 200 (29,5 %), *Yandex* – 92 слова (46 %) на тех же вариантах записи. Таким образом, эффективность распознавания слов сравнительно высокая и вполне отвечает практическим целям.

В **третьей главе** разработаны теоретико-прикладные методы для управления поведением «учителя» на основе поведенческой модели, описываемой логическими формулами. Рассмотрены вопросы идентификации состояний «ученика» на основе использования статистических критериев. Подсистема «учитель» может находиться в следующих состояниях: «Наблюдение» (W_{obs}), «Контроль знаний» (W_{contr}), «Оценка состояния и планирование стратегии поведения» (W_{plan}), «Вмешательство» (W_{distr}). В состоянии «**Наблюдение**» «учитель» проверяет, что просматривает «ученик», сколько времени, просматривает ли он материал в некоторой допустимой последовательности или хаотически и т. д. В состоянии «Наблюдение» «учитель» отслеживает и оценивает полученные сигналы от «ученика» (вырабатывает признаки). Состояние «Наблюдение» может быть прервано с целью «Вмешательства», «Контроля знаний» или «Оценки состояния». В состоянии «**Контроль знаний**» выполняется проверка усвоения материала в форме тестов или вопросов. В состоянии «**Вмешательство**» выдается сообщение или оказывается контекстная помощь. В состоянии «**Оценка состояния и планирование стратегии поведения**» выполняется коррекция состояния «учителя».

Отслеживание процесса обучения сводится к определению следующих

признаков (состояний «ученика»): $A1$ – «ученик» бессистемно просматривает материал; $A2$ – «ученик» возвращается к ранее пройденным темам учебника; $A3$ – «ученик» остановился на некотором вопросе на долгое время; $A4$ – процесс изучения завершен (инициируется «учеником»); $A5$ – «ученик» плохо отвечает на вопросы; $A6$ – «ученик» не отвечает на сообщение; $A7$ – «ученик» отказался от прохождения теста; $A8$ – «ученик» прошел тест успешно (плохо); $A9$ – «ученик» слишком быстро просматривает страницы; $A10$ – часто используется хэлпер (помощник); $A11$ – выполнен переход на другую, не связанную тему; $A12$ – «ученик» не пользуется хэлпером; $A13$ – «ученик» часто переходит к одной и той же странице; $A14$ – проскакивает через страницы (движение вперед по страницам); $A15$ – задерживается мало времени на более сложных страницах; $A16$ – игнорирует инструкции «учителя»; $A17$ – игнорирует предложение помощи; $A18$ – выбрана новая (связанная) тема для изучения; $A19$ – истекло контрольное время. Для W_{obs} и W_{plan} – это время длительности сеанса обучения, для W_{contr} – это максимальное время прохождения теста. Для W_{distr} – это время реакции на сообщение.

«Учитель» может производить следующие реакции: $R1$ – текстовые сообщения-замечания; $R2$ – вопросы на знания; $R3$ – приказание; $R4$ – звуковое сообщение; $R5$ – тест; $R6$ – запись в журнал; $R7$ – предложение помощи (звуковое); $R8$ – закрытие учебника; $R9$ – блокирование следующей страницы; $R10$ – предложение связанных тем или часто задаваемых вопросов.

Выбор реакции зависит от текущего состояния «учителя» и распознанного сигнала от «ученика». Эту зависимость можно представить схематически, как показано ниже ($\dot{\vee}$ – исключаящее ИЛИ):

$A1 \rightarrow R1 \dot{\vee} R4, R6.$	$A11 \rightarrow R3(W_{distr}); R5(W_{contr}), R6.$
$A2 \rightarrow R7 \dot{\vee} R1, R6.$	$A12 \rightarrow R4, R6.$
$A3 \rightarrow R2, R6.$	$A13 \rightarrow R10, R6.$
$A4 \rightarrow R8, R6.$	$A14 \rightarrow R9(W_{distr}); R2(W_{contr}), R6.$
$W_{contr} \& A5 \rightarrow R6.$	$A15 \rightarrow R4(W_{distr}); R2(W_{contr}), R6.$
$W_{plan} \& A5 \rightarrow R8(STOP), R6.$	$A16 \rightarrow R6.$
$W_{distr} \& A6 \rightarrow R6.$	$W_{distr} \& A17 \rightarrow R6.$
$A7 \rightarrow R9, R6.$	$A18 \rightarrow R4(W_{distr}); R5(W_{contr}), R6.$
$W_{contr} \& A8 \rightarrow R4 \& R8, R6.$	$W_{distr} \& A19 \rightarrow R6.$
$A9 \rightarrow R4(W_{distr}); R2(W_{contr}), R6.$	$(W_{plan} \vee W_{contr} \vee W_{obs}) \& A19 \rightarrow R8, R6.$
$A10 \rightarrow R10(W_{distr}); R2(W_{contr}), R6.$	

В правилах переходов, где в левой части нет указания состояния, предполагается W_{obs} , правило для сигнала $A4$ действует для всех состояний. Некоторые состояния «ученика» оцениваются на основании статистических критериев, иные – определяются непосредственно. Например, ситуация $A1$ сводится к следующей статистической задаче. Имеется последовательность

номеров страниц. Требуется проверить гипотезу о случайном характере этой последовательности. Для решения этой задачи в диссертации применен статистический критерий серий.

Ситуация $A3$ ($A9$, $A15$) сводится к контролю времени изучения страницы на основе критерия однородности наблюдений.

Гипотеза $A13$ может быть проверена по аналогии с выявлением сильно отклоняющихся значений. Ситуации типа $A4$ – $A8$, $A10$ – $A12$ и др. оцениваются непосредственно.

Поведенческую модель «учителя» можно задать с помощью формул логики:

- | | | |
|---|--|-----|
| (a) $W_{obs}(t) \vee W_{distr}(t) \vee W_{contr}(t) \vee W_{plan}(t);$ | (v) $W_{distr}(t) \& (A_6 \vee A_{17}) \rightarrow$
$\rightarrow W_{obs}(t+1);$ | |
| (b) $\neg W_{obs}(t) \vee \neg W_{distr}(t); \neg W_{obs}(t) \vee$
$\vee \neg W_{contr}(t);$ | (w) $W_{obs}(t) \& A_7 \rightarrow W_{obs}(t+1);$ | |
| (c) $\neg W_{obs}(t) \vee \neg W_{plan}(t); \neg W_{distr}(t) \vee$
$\vee \neg W_{contr}(t);$ | (x) $W_{obs}(t) \& A_{12} \rightarrow W_{obs}(t+1);$ | |
| (d) $\neg W_{distr}(t) \vee \neg W_{plan}(t); \neg W_{contr}(t) \vee$
$\vee \neg W_{plan}(t);$ | (y) $W_{obs}(t) \& (A_9 \vee A_{14} \vee A_{15}) \rightarrow$
$\rightarrow W_{contr}(t+1);$ | |
| (e) $W_{obs}(t+1) \vee W_{distr}(t+1) \vee$
$\vee W_{contr}(t+1) \vee W_{plan}(t+1) \vee Stop;$ | (z) $W_{obs}(t) \& (A_9 \vee A_{14} \vee A_{15}) \rightarrow$
$\rightarrow W_{distr}(t+1);$ | |
| (f) $\neg W_{obs}(t+1) \vee \neg W_{distr}(t+1);$
$\neg W_{obs}(t+1) \vee \neg W_{contr}(t+1);$ | (a1) $W_{obs}(t) \& nil \rightarrow W_{obs}(t+1);$ | |
| (g) $\neg W_{obs}(t+1) \vee \neg W_{plan}(t+1);$
$\neg W_{obs}(t+1) \vee \neg Stop;$ | (b1) $W_{distr}(t) \& nil \rightarrow W_{obs}(t+1);$ | |
| (h) $\neg W_{distr}(t+1) \vee \neg W_{contr}(t+1);$ | (c1) $W_{contr}(t) \& nil \rightarrow W_{obs}(t+1);$ | |
| (i) $\neg W_{distr}(t+1) \vee \neg W_{plan}(t+1);$ | (d1) $W_{plan}(t) \& nil \rightarrow W_{obs}(t+1);$ | |
| (j) $\neg W_{distr}(t+1) \vee \neg Stop;$ | (e1) $W_{contr}(t) \& A_5 \rightarrow W_{plan}(t+1);$ | (4) |
| (k) $\neg W_{contr}(t+1) \vee \neg Stop;$ | (f1) $W_{contr}(t) \& A_5 \rightarrow W_{obs}(t+1);$ | |
| (l) $\neg W_{plan}(t+1) \vee \neg Stop;$ | (g1) $W_{plan}(t) \& A_5 \rightarrow W_{obs}(t+1);$ | |
| (m) $\neg W_{contr}(t+1) \vee \neg W_{plan}(t+1);$ | (h1) $W_{plan}(t) \& A_5 \rightarrow Stop;$ | |
| (n) $nil \rightarrow \neg A_1 \& \neg A_2 \& \neg A_3 \& \dots \& \neg A_{19};$ | (i1) $W_{distr}(t) \& A_{19} \rightarrow W_{plan}(t+1);$ | |
| (o) $nil \vee A_1 \vee A_2 \vee A_3 \vee \dots \vee A_{19};$ | (j1) $W_{distr}(t) \& A_{19} \rightarrow W_{obs}(t+1);$ | |
| (p) $(A_6 \& A_7 \vee A_6 \& A_{10} \vee A_7 \& A_{10}) \rightarrow$
$\rightarrow \neg W_{obs}(t) \vee \neg W_{obs}(t+1);$ | (k1) $W_{obs}(t) \& A_3 \rightarrow W_{contr}(t+1);$ | |
| (q) $A_4 \rightarrow Stop;$ | (l1) $W_{contr}(t) \& A_8 \rightarrow Stop;$ | |
| (r) $W_{obs}(t) \& A_{10} \rightarrow W_{obs}(t+1);$ | (m1) $W_{obs}(t) \& A_{11} \rightarrow W_{contr}(t+1);$ | |
| (s) $W_{obs}(t) \& A_{10} \rightarrow W_{contr}(t+1);$ | (n1) $W_{obs}(t) \& A_{18} \rightarrow W_{contr}(t+1);$ | |
| (t) $W_{obs}(t) \& A_{10} \rightarrow W_{distr}(t+1);$ | (o1) $(W_{plan}(t) \vee W_{obs}(t) \vee$
$\vee W_{contr}(t)) \& A_{19} \rightarrow Stop;$ | |
| (u) $W_{obs}(t) \& (A_1 \vee A_2 \vee A_{11} \vee A_{13} \vee A_{16}) \rightarrow$
$\rightarrow W_{distr}(t+1);$ | (p1) $W_{obs}(t) \& A_{18} \rightarrow W_{distr}(t+1).$ | |

В системе (4) *nil* соответствует отсутствию сигнала или нераспознанному сигналу. Формулы (a)–(m) в левом столбце модели устанавливают невозможность нахождения «учителя» одновременно в двух или более состояниях, а также вводят в рассмотрение сигнал *nil* (*n*), (*o*). Формула (p) означает, что «учитель» не может перейти из состояния «Наблюдения» $W_{obs}(t)$ опять в состояние «Наблюдения» $W_{obs}(t+1)$, если поступило не менее двух сигналов из множества A_6, A_7, A_{10} . Остальные правила левого и правого столбцов задают логику переходов на множестве состояний «учителя».

Разработан метод и его модификация для поиска решения в противоречивой системе формул. Он отыскивает максимальное непротиворечивое подмножество формул исходной системы, из которого определяется допустимое решение. Решение основано на использовании дополнительных переменных, связываемых с формулами (дизъюнктами) системы. На каждой итерации отыскивается решение текущей системы. Если какая-то часть дополнительных переменных в этом решении нулевая, то вводится новое ограничение, устанавливающее, что хотя бы одна из дополнительных переменных с нулевым значением получила бы единичное значение, кроме того, сохраняется найденное на предыдущей итерации единичное значение переменных. Итерации ведутся до тех пор, пока система не окажется противоречивой, либо все дополнительные переменные получают единичное значение. Этим гарантируется сходимость процесса.

Вторая теоретико-прикладная задача, решаемая в третьей главе, связана с коррекцией поведения «учителя». Имеется набор правил (4). Заданы: последовательность сигналов $SQA_i = \langle \alpha_{1i}, \alpha_{2i}, \dots, \alpha_{ii} \rangle$, полученных от «ученика», начальные состояния S_0 и Q_0 «учителя» и «ученика» и последовательность совершенных переходов, приведших к текущему состоянию системы $\langle S_{t-1,i}, Q_{t-1,i} \rangle$. В этом последнем состоянии поступил сигнал α_{ti} , для которого не обнаружено подходящее правило. Подобная ситуация означает необходимость коррекции поведения «учителя», поскольку в каком-то месте он неверно идентифицировал состояние «ученика». Формализация алгоритма коррекции делается следующим образом:

Шаг 1. Составить систему дизъюнктов, решение которой включает все возможные траектории поведения «учителя» для данной последовательности сигналов от «ученика».

Шаг 2. Методом отсечения литер исключить из системы переменные, соответствующие сигналам.

Шаг 3. Найти решение полученной на втором шаге задачи. Выполнимость.

Шаг 4. Если решения нет, то у «учителя» нет вариантов для продолжения, в этом случае просто перейти в состояние «Наблюдения». Иначе – продолжать с любого конечного состояния в какой-либо допустимой траектории.

С точки зрения вычислительной сложности корректировка поведения «учителя» по всей траектории при большом числе сигналов *SQA*, например, больше пяти, становится неэффективной. Поэтому ограничиваемся рассмотрением последовательности сигналов *SQA*, не большей трех (в этом случае размеры формируемой системы формул не превосходят 15 переменных и 120 дизъюнктов).

В четвертой главе рассмотрены вопросы программной реализации и использования системы электронного обучения на основе разработанных теоретико-прикладных методов. Интерфейс системы электронного обучения реализован на английском языке (возможна также реализация на русском языке) в виде двухфреймового окна (верхнее – операционное, содержащее кнопки и индикаторы; нижнее – информационное для отображения текста). Операционное окно предоставляет пользователю возможности выбора темы консультации (урока), навигации по темам и страницам, задания вопроса из списка часто задаваемых вопросов, запись полезной информации в документ *Word*, поиск по ключевым словам, выполнение тестовых заданий. Система предоставляет помощь для общения на ограниченном естественно-языковом интерфейсе. Пользователь должен загрузить тему консультации и ввести вопрос в текстовом поле. Можно также поменять порядок слов, что не изменит результата.

Программа позволяет создавать файлы поисковой системы непосредственно из текстового файла или документа *Word* с основными понятиями курса.

Система контролирует поведение «ученика» и выдает сообщения с занесением информации в журнал. Эта информация позволяет оценить поведение «ученика» при принятии решений.

Таким образом, создан программный комплекс, который может быть использован в учебном процессе, в системе дистанционного обучения или для иных образовательных целей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Предложена новая метрика для оценки сходства слов на основе линейной аддитивной функции свертки критериев, отличающаяся от известных метрик Жаккара, Дайса и метрики на основе биграмм сокращением ложно распознанных слов в сравнении с метриками Жаккара и Дайса не менее чем на 50 %, метрикой на основе биграмм – на 10 %, а также распознаванием слов из словаря с ошибками на уровне, не уступающем уровню, обеспечиваемому указанными метриками. Полученный результат достигнут за счет использования нескольких взвешенных критериев для распознавания слов с ошибками, которые учитывают

положительные свойства метрик Жаккара, Дайса и метрики на основе биграмм, а именно учитываются не только биграммы исходного слова, но и биграммы слова, полученного отбрасыванием гласных букв, а также оригинальная оценка размера общей части распознаваемого слова и слова-образца [1, 6, 12].

2. Усовершенствованы поисковая модель на основе дерева с интервальными хеш-кодами узлов и ассоциированными с ними ключевыми словами и метод ускоренного поиска ответов на дереве на вопросы с ключевыми словами с возможными ошибками [6]. Предложенные модель и метод обеспечивают ускорение поиска в сравнении с поиском на неупорядоченном массиве слов в диапазоне от 2 до 30 раз при изменении числа ключевых слов от 50 до 1300, а также позволяют охватить в широких пределах множества искаженных ключевых слов и получить ответы с экспериментально обоснованной релевантностью запросам. Это дает преимущество в сравнении с известными методами приближенного поиска с использованием поисковых деревьев, в которых узлам дерева явно приписаны множества слов, с которыми сравнивается искомое слово, либо задаются регулярные выражения, которым должно соответствовать распознаваемое слово, либо не допускается пересечение интервалов изменения хеш-кодов слов. Предложенный подход устраняет основной недостаток этих методов – они не позволяют в практически разумных пределах охватить значимую часть списка возможных слов с ошибками. Полученный результат достигнут за счет использования интервалов хеш-кодов слов, приписываемых узлам дерева, в которые попадают хеш-коды слов с ошибками, что обеспечивает быстрое отыскание узла дерева, содержащего оригинал искаженного слова.

3. Разработана формализованная логическая модель виртуального «учителя» [4, 7, 9, 13], отличающаяся более высокой степенью универсальности от модели на основе недетерминированных автоматов и возможностью наличия противоречий от модели на основе нейронных сетей. Более высокая степень универсальности в сравнении с недетерминированными автоматами достигается за счет возможности представления в поведенческой модели любых формул, а не только правил для переходов на множестве состояний виртуального «учителя».

4. Разработан метод поиска решения в логически противоречивой системе формул [2, 3, 7, 10, 14], который не использует многозначные исчисления в отличие от известных подходов Белнапа, Павляка и др. Этим устраняется необходимость интерпретации ответов на языке многозначных исчислений в системе с двумя значениями истинности, что является одной из существенных проблем при практическом применении многозначных логик, поскольку подобная интерпретация является самостоятельной научно-прикладной задачей.

5. Разработан метод коррекции поведения виртуального «учителя» в условиях отсутствия продолжения поведенческого сценария в системе, описываемой правилами «если – то» [5], отличающийся возможностью

реконфигурации поведенческой модели в сравнении с системами логического вывода, что приводит к повышению устойчивости системы обучения в условиях неполноты информационной модели. Предложенный метод позволяет найти новое продолжение, согласованное с сигналами от «ученика», принятыми ранее.

Рекомендации по практическому использованию результатов

Основными практическими результатами работы являются:

1. Разработано программное средство для автоматического создания системы поиска релевантных ответов на основе файла с текстом.
2. Разработан электронный учебник на основе модели виртуального «учителя».

Полученные в диссертации теоретико-прикладные результаты, а также программные средства системы электронного обучения (система поиска ответов и система электронного учебника с виртуальным «учителем») можно рекомендовать к использованию в системах дистанционного обучения в вузах [8], системе обучения школьников [11], в разработке консультационных служб интернет-сервисов, системах медицинской консультации и т. п.

Результаты диссертационной работы внедрены и используются:

- на предприятиях ООО «Шихон» (г. Москва), ООО «Сангфей СЕС Электроникс рус» (г. Москва);
- в учебном процессе учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» и Белорусского национального технического университета.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

Глава в монографии

1. Герман, Ю. О. Научно-прикладные проблемы Интернет-бизнеса / Ю. О. Герман // Java и Интернет-бизнес / О. В. Герман, Ю. О. Герман. – Минск : БестПринт, 2010. – Гл. 2. – С. 57–62.

Статьи в рецензируемых научных журналах

2. Герман, Ю. О. Эффективный в среднем алгоритм для задачи о покрытии с приложением к нечеткой классификации и нечеткому выводу / Ю. О. Герман, А. Р. Самко, О. В. Герман // Доклады БГУИР. – 2009. – № 7(45). – С. 93–100.

3. Герман, О. В. Система вывода для нечеткой логики на основе многозначных исчислений Я. Лукасевича / О. В. Герман, А. Р. Самко, Ю. О. Герман // Труды БГТУ. Сер. VI. Физ.-мат. науки и информатика. – 2010. – Вып. XVIII. – С. 190–192.

4. Гурин, Н. И. Технология разработки компьютерных обучающих систем с функциями виртуального преподавателя / Н. И. Гурин, О. В. Герман, Ю. О. Герман // Труды БГТУ. Сер. VI. Физ.-мат. науки и информатика. – 2011. – № 6(144). – С. 146–149.

5. Герман, Ю. О. Задача коррекции поведения системы взаимодействующих автоматов / Ю. О. Герман, Н. И. Гурин, О. В. Герман // Труды БГТУ. Сер. VI. Физ.-мат. науки и информатика. – 2012. – № 6(153). – С. 161–164.

6. Герман, О. В. Задача коррекции распознавания речи для обработки семантическим анализатором / О. В. Герман, Н. И. Гурин, Ю. О. Герман // Труды БГТУ. № 6. Физ.-мат. науки и информатика. – 2013. – № 6(162). – С. 142–144.

7. Герман, Ю. О. Формализованная модель «виртуального» учителя / Ю. О. Герман // Труды БГТУ. Сер. 3. Физ.-мат. науки и информатика. – 2017. – № 1(194). – С. 69–73.

Статьи в сборниках материалов научных конференций

8. New accents in distant learning / O. V. German, N. I. Gourine, L. S. Strigalev, Yu. O. German // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века : материалы VII Междунар. науч.-метод. конф., Минск, 1–2 декабря 2011 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Б. В. Никульшин [и др.]. – Минск, 2011. – С. 300–301.

9. Гурин, Н. И. Разработка активной обучающей среды для электронного учебника / Н. И. Гурин, О. В. Герман, Ю. О. Герман // Информатизация

образования – 2012 : педагогические основы разработки и использования электронных образовательных ресурсов : материалы междунар. науч. конф., Минск, 24–27 октября 2012 г. / Белорус. гос. ун-т ; редкол.: В. В. Казаченок (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2012. – С. 95–99.

10. German, Ju. O. Decision making in contradictory knowledge base / Ju. O. German // Информационные технологии и системы (ИТС 2013) : материалы междунар. науч. конф., Минск, 23 октября 2013 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Л. Ю. Шилин (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2013. – С. 258–259.

Тезисы докладов

11. Мигель, А. В. Информационная система поддержки деятельности классного руководителя / А. В. Мигель, Ю. О. Герман // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 10-й Междунар. науч.-техн. конф., Минск, апрель 2012 г. : в 4 т. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: Б. М. Хрусталева, Ф. А. Романюк, А. С. Калиниченко. – Минск, 2012. – Т. 1. – С. 249.

12. Герман, Ю. О. Об оценке эффективности семантического хэлпера электронного учебника / Ю. О. Герман // Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века : материалы VIII Междунар. науч.-метод. конф., Минск, 5–6 декабря 2013 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники ; редкол.: Б. В. Никульшин [и др.]. – Минск, 2013. – С. 185.

13. Герман, Ю. О. Практическая версия электронного обучающего пособия / Ю. О. Герман // Информационные технологии в технических и социально-экономических системах : сб. материалов науч.-техн. конф., Минск, 2014 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: Г. М. Бровка (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2014. – С. 71–73.

14. Герман, Ю. О. Улучшенный вариант метода групповых резолюций / Ю. О. Герман // Информационные технологии в технических, правовых, политических и социально-экономических системах : сб. материалов междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20 апреля 2017 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; редкол.: Г. М. Бровка (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2017. – С. 47 – 50.

РЭЗІЮМЭ

Герман Юлія Алегаўна

Мадэлі, метады і алгарытмы інтэрактыўнай сістэмы для электронных навучальных комплексаў

Ключавыя словы: навучальная сістэма, пошук рэлевантнага адказа, супярэчлівая сістэма формул, карэкцыя паводзін сістэмы.

Мэта працы: стварэнне матэматычных метадаў і праграмных сродкаў для аўтаматызацыі рашэння задач, звязаных з распрацоўкай і функцыянаваннем інтэрактыўных электронных сістэм навучання.

Метады даследавання: апарат тэорыі інфармацыйных працэсаў і сістэм, матэматычнай логікі, тэорыі прыняцця рашэнняў.

Атрыманя вынікі і іх навізна. Прапанавана метрыка падабенства слоў на аснове згортвання крытэрыяў, якая адрозніваецца выкарыстаннем узважаных крытэрыяў для распазнавання слоў з памылкамі з улікам не толькі біграм слова, але і біграм скелетона, а таксама ацэнкай агульнай часткі распазнавальнага слова і ўзору, што забяспечвае распазнаванне слоў са слоўніка з памылкамі на ўзроўні, які адпавядае вядомым метрыкам, і скарачэнне памылковых распазнаванняў; удасканалены пошукавая мадэль на аснове дрэва з вузламі, якія асацыяраваныя з ключавымі словамі, і метада паскоранага пошуку адказаў на пытанні з магчымымі памылкамі. Мадэль адрозніваецца ад вядомых выкарыстаннем інтэрвальных хэш-кодаў вузлоў дрэва і прымяненнем распрацаванага метада паскоранага пошуку адказаў на пытанні з магчымымі памылкамі, якія забяспечваюць паскарэнне пошуку ў параўнанні з пошукам на неўпарадкаваным масіве слоў з захаваннем эксперыментальна абгрунтаванай рэлевантнасці адказаў; распрацавана фармалізаваная лагічная мадэль віртуальнага «настаўніка», якая адрозніваецца ад вядомых мадэлей магчымасцю наяўнасці супярэчнасцей і дазваляючая прадстаўляць не толькі правілы пераходаў на мностве станаў «настаўніка», але і адвольныя лагічныя формулы, што ўзнімае ўстойлівасць сістэмы і яе ўніверсальнасць; распрацаваны метада пошуку рашэнняў у супярэчлівай лагічай сістэме формул, які не выкарыстоўвае мнагазначныя вылічэнні ў адрозненні ад вядомых падыходаў і ліквідуе неабходнасць інтэрпрэтацыі адказаў на мове мнагазначных вылічэнняў у сістэме з дзвюма значэннямі сапраўднасці; распрацаваны метада карэкцыі паводзін віртуальнага «настаўніка», які адрозніваецца адсутнасцю неабходнасці захоўваць усю трасу вываду і забяспечвае павышэнне ўстойлівасці сістэмы навучання.

Вобласць прымянення і рэкамендацыі па выкарыстанню. Вынікі працы і распрацаваныя праграмныя сродкі можна выкарыстоўваць у дыстанцыйным навучанні ў вуні, школах, у распрацоўках кансультацыйных служб і г. д.

РЕЗЮМЕ

Герман Юлия Олеговна

Модели, методы и алгоритмы интерактивной системы для электронных обучающих комплексов

Ключевые слова: обучающая система, поиск релевантного ответа, противоречивая система формул, коррекция поведения системы.

Цель работы: создание математических методов и программных средств для автоматизации решения задач, связанных с разработкой и функционированием интерактивных электронных систем обучения.

Методы исследований: аппарат теории информационных процессов и систем, математической логики, теории принятия решений.

Полученные результаты и их новизна. Предложена метрика сходства слов на основе свертки критериев, отличающаяся использованием взвешенных критериев для распознавания слов с ошибками с учетом не только биграмм слова, но и биграмм скелетона, а также оценкой размера общей части распознаваемого слова и образца, что обеспечивает распознавание слов из словаря с ошибками на уровне, соответствующем известным метрикам, и сокращение ложных распознаваний; усовершенствованы поисковая модель на основе дерева с узлами, ассоциированными с ключевыми словами, и метод ускоренного поиска ответов на вопросы с возможными ошибками. Модель отличается от известных использованием интервальных хеш-кодов узлов дерева и применением разработанного метода ускоренного поиска ответов на вопросы с возможными ошибками, которые обеспечивают ускорение поиска по сравнению с поиском на неупорядоченном массиве слов с сохранением экспериментально обоснованной релевантности ответов; разработана формализованная логическая модель виртуального «учителя», отличающаяся от известных моделей возможностью наличия противоречий и позволяющая представлять не только правила переходов на множестве состояний «учителя», но и произвольные логические формулы, что повышает устойчивость системы и ее универсальность; разработан метод поиска решения в противоречивой логической системе формул, который не использует многозначные исчисления в отличие от известных подходов и устраняет необходимость интерпретации ответов на языке многозначных исчислений в системе с двумя значениями истинности; разработан метод коррекции поведения виртуального «учителя», отличающийся отсутствием необходимости хранить всю трассу вывода и обеспечивающий повышение устойчивости системы обучения.

Область применения и рекомендации по использованию. Результаты работы и разработанные программные средства можно использовать в дистанционном обучении в вузах, школах, в разработках консультационных служб и т. п.

SUMMARY

Yuliya Alegauna German

Models, methods and algorithms of interactive system for electronic tutoring complexes

Key words: tutoring system, search of relevant answer, inconsistent system of formulas, correction of the system behavior.

The goal of work: creation of mathematical methods and software for automatization of solving problems connected to design and functioning of interactive electronic tutoring systems.

The search methods: the means of the information processes and systems theory, the means of mathematical logic, theory of decision making.

The results obtained and their novelty. The metrics of similarity of words based on the furl of criteria is suggested. The metrics differs from the other ones by use of the weighted criteria for recognition of words with mistakes and considers the word bigrams, the bigrams of the word skeleton, and also the size assessment of common part of the word to recognize and a pattern that provides the recognition of words with mistakes from the dictionary, on the level corresponding to the known metrics, and reduces false recognition; the searching model based on the tree with nodes associated with key words, and the method of quick search for the answers to the questions with possible mistakes are improved. The model differs from the known ones by use of the tree with interval hash-codes of nodes and applying the developed method of quick search for the answers to the questions with possible mistakes, that provide search acceleration in comparison with the search on unordred words array with preservation of answers relevance which is proved by experiments; the formalized logical model of virtual teacher is developed. The model differs from the known ones by possibility of contradictions and allows to represent not only transition rules on the multitude of «teacher» states, but arbitrary logical formulas that raises steadiness of the system and its universality; the method of decision making in contradictory logical system of formulas is developed. The method doesn't use multi-valued calculi. By this it differs from the well-known approaches. The method eliminates the necessity of answers interpretation on multi-valued calculi language in the system with two truth values; a correction of the «teacher» behavior method is developed. The method differs by absense of necessity to keep the all inference branches and provides the system steadiness.

Application area and usage recommendations. The results of the work and the developed software may use in distant learning in high educational establishments, in schools, in development of consulting services and etc.