

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.457

Кукареко
Александр Владимирович

**Применение технологий IoT и BigData в автоматизированных
системах физической реабилитации**

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание академической степени
магистра информатики и вычислительной техники

по специальности 1-40 81 04 – Обработка больших объемов информации

Научный руководитель
Нестеренков С.Н.
кандидат технических наук, доцент

Минск 2020

КРАТКОЕ ВВЕДЕНИЕ

В течение последних десятилетий сфера здравоохранения активно развивалась и качество медицинских услуг заметноросло. Современная медицина, благодаря использованию высокотехнологичного оборудования, позволяет диагностировать различные отклонения либо заболевания на ранних стадиях развития, что позволяет применять предиктивные и превентивные меры, более точно контролировать процесс лечения, наблюдать и быстро принимать необходимые меры в случае возникновения осложнений, проводить более быструю и эффективную реабилитацию пациентов.

Не смотря на значительные улучшения в сфере здравоохранения, часть проблем до сих пор остаются актуальными. Для решения некоторых из них применяются технологии «интернета вещей» и «больших данных».

Востребованность применения таких технологий растет, поскольку они позволяют значительно снизить расходы на медицинское обслуживание пациентов, повысить доступность и качество оказываемых медицинских услуг, позволяет получать консультации или полноценное лечение от врачей онлайн, что снимает территориальные ограничения.

Своевременный анализ данных пациента может значительно сократить срок его реабилитации либо предупредить наступление заболевания. Для решения этой проблемы применяются различные алгоритмы обработки «больших данных», таких как машинное обучение.

В настоящее время, многие реабилитационные учреждения сталкиваются с широким спектром различных проблем, например эффективное обучение персонала, масштабирование учреждений, наблюдение за показателями пациентов, анализ и последующие корректировки в программе реабилитации. Все перечисленные проблемы имеют схожую причину - дефицит полноценных решений для обучения и непрерывного контроля персонала, измерения и контроля состояния пациентов, медицинского оборудования и контроля соблюдения технологических процессов.

На основании вышеизложенного, рассмотрение вопроса о применении технологий IoT и BigData в автоматизированных системах физической реабилитации является актуальным, так как позволит решить часть из выше описанных проблем.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель и задачи исследования

Целью диссертационной работы является разработка алгоритмов и программного средства для решения задачи автоматизации системы физической реабилитации «Smart-rehab» с применением технологий IoT и BigData.

Для достижения поставленной цели в ходе работы необходимо решить следующие *задачи*:

1. Исследовать предметную область, связанную с применением IoT и BigData в сфере фитнеса и реабилитации.
2. Раскрыть содержание понятий «интернет вещей», «большие данные», «облачные технологии», «нейронные сети».
3. Смоделировать и разработать архитектуру программного средства, реализующее задачу автоматизации с применением технологий IoT и BigData.
4. Разработать смоделированное программное средство.
5. Описать методику использования разработанного программного средства.
6. Подготовить данные, реализовать модели нейронных сетей, выполняющую классификацию качества выполненных упражнений, произвести их обучение и сравнить полученные результаты.

Объектом исследования является система физической реабилитации «Smart-rehab».

Предметом исследования являются подходы, методы и технологии IoT и BigData для управления устройствами, сбором, хранением и анализом данных в автоматизированной системе физической реабилитации.

Основной *гипотезой*, положенной в основу диссертационной работы, является возможность применения технологий IoT и BigData в автоматизированных системах физической реабилитации для повышения эффективности реабилитации, минимизации рисков травмирования пациентов и возможности масштабировать бизнес, за счет агрегации знаний и опыта в цифровом пространстве.

Личный вклад соискателя

Результаты, приведенные в диссертации, получены соискателем лично.

Вклад научного руководителя С.Н. Нестеренков заключается в формулировке целей и задач исследования, а так же в руководстве ходом работы.

Апробация результатов диссертации

Результаты работы были использованы для автоматизации системы «Smart-rehab», о чем свидетельствуют документы о внедрении результатов диссертационной работы (Приложение Б).

Опубликованность результатов диссертации

По теме диссертации опубликовано 2 печатные работы в сборниках трудов и материалов научных конференций.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав, заключения, списка использованных источников и списка публикаций автора. В первой главе представлен анализ предметной области, описана концепция интернета вещей, больших данных, облачных вычислений и нейронных сетей. Вторая глава посвящена моделированию предметной области, разработке спецификаций функциональных требований и логическому проектированию базы данных. Третья глава посвящена разработке высокоуровневой архитектуры программного средства, выбору платформ и фреймворков, физическому проектированию базы данных, проектированию программного интерфейса серверной части и разработке объектно-ориентированной структуры клиентских приложений. В четвертой главе описана методика взаимодействия с приложениями и возможности пользовательского интерфейса. Пятая глава посвящена подготовке данных и построению модели для классификации качества выполненных упражнений.

Общий объем работы составляет 124 страниц, из которых основного текста – 113 страниц, 59 рисунков на 50 страницах, 39 таблиц на 19 страницах и список использованных источников из 43 наименований на 3 страницах.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Во **введении** определена область и указаны основные направления исследования, показана актуальность темы диссертационной работы, дана краткая характеристика исследуемых вопросов, обозначена практическая ценность работы.

В **первой главе** проведен анализ предметной области, дана характеристика и описание исследуемой системы реабилитации "Smart-rehab", раскрыты понятия «интернет вещей», «большие данные», «облачные технологии» и «нейронные сети».

"Smart-rehab" - это комплексная реабилитационная система, которая позволяет производить биомеханическую диагностику с обратной связью, и решать проблемы, связанные с болью в пояснице, спине, коленях, позволяет укрепить мышечный скелет. Система состоит из 8 специальных тренажеров и 58 упражнений.

В главе также рассматриваются концепции «бессерверных» вычислений, «цифровых двойников», «полносвязных», «сверточных» и «рекуррентных» нейронных сетей.

Вторая глава посвящена моделированию предметной области: обзору основных понятий, постановке целей автоматизации, проработке вариантов использования системы, логическому проектированию базы данных и разработке спецификации функциональных требований. В результате моделирования, программное средство декомпозировано на четыре подсистемы:

- приложение для тренера (планшет);
- приложение для пациента и тренера (тренажер);
- информационная панель для администрации;
- серверное приложение, обслуживающее бизнес логику.

В **третьей главе** описывается проектирование программного средства. Рассматриваются платформы и фреймворки для реализации программного средства:

- AWS - как облачная платформа для реализации IoT;
- Android – как платформа для тренажеров и планшетов;
- Serverless framework – как фреймворк для реализации «бессерверных» вычислений;
- Ruby on Rails – как фреймворк для реализации административной информационной панели;
- PostgreSQL – как основная система управления реляционными базами данных;
- Keras – как платформа для разработки моделей нейронных сетей.

Также в главе разработана архитектура программного средства, описаны взаимодействия подсистем, разработаны программные интерфейсы для взаимодействия подсистем, разработана физическая структура базы данных, и объектно-ориентированная структура подсистем программного средства.

Четвертая глава описывает пользовательский интерфейс и методику взаимодействия с подсистемами:

- приложение для тренера;
- приложение для пациента и тренера;
- информационная панель для администрации.

В **пятой главе** рассматриваются данные, генерируемые тренажером. Производится их визуализация, анализ, подготовка, фильтрация и маркировка. Описывается процесс трансформации данных из формата временного ряда в вектор фиксированной длины. Реализуется несколько классификаторов на основе "логистической регрессии", "полносвязной нейронной сети", "LSTM сети" и гибридной сети "CNN и LSTM". Производится их обучение и анализируются результаты. В сравнении с алгоритмом логистической регрессии все классификаторы на базе искусственной нейронной сети показали лучший результат, хотя процесс обучения занял гораздо больше времени. Наибольшую точность в 96.3% показал гибридный классификатор CNN и LSTM.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

Исследованы концепции IoT, BigData и нейронные сети, бессерверная архитектура, проведен анализ возможности, сложности автоматизации и применения технологий IoT и BigData в автоматизированных системах физической реабилитации.

Исследован большой набор инструментария, платформ и фреймворков для разработки программного средства с целью автоматизации, таких как: AWS IoT Core, AWS DynamoDB, AWS S3, AWS Lambda, AWS API Gateway, AWS RDS, AWS EC2, Android, Serverless framework, Ruby on Rails, Keras. Каждый рассмотренный инструмент применен для реализации программного средства.

Разработана высокоуровневая архитектура системы, разработана физическая модель базы данных, разработан API для взаимодействия между приложениями.

Разработано четыре приложения для автоматизации с применением технологий IoT, BigData, бессерверной архитектуры и других современных технологий разработки ПО.

Исследованы данные, генерируемые сенсорами тренажеров, исследована возможность применения данных для классификации качества выполненных упражнений, сформулирована задача в рамках машинного обучения.

Разработано несколько моделей построенных на разных алгоритмах машинного обучения для классификации качества выполненных упражнений, исследовано влияние архитектуры и гиперпараметров на точность полученных результатов.

Проведено сравнение полученных результатов классификации всех разработанных моделей. При небольшом количестве имеющихся данных, модели построенные на базе нейронных сетей показали большую точность. Наилучшие результаты в 96.3% получились у гибридной модели CNN и LSTM.

Рекомендации по практическому использованию результатов. Дальнейшее улучшение программного средства

1. Разработанную архитектуру программного средства и само программное средство можно использовать для автоматизации схожих систем реабилитации и фитнес центров.

2. Разработанную модель нейронной сети можно использовать для определения качества выполненных упражнений, определения типа физической

активности в фитнес центрах и спортзалах, так же модель можно использовать для нахождения аномалий в различных сигналах.

3. Одним из путей развития системы может быть разработка мобильных приложений под платформы Android и iOS для пациентов, где они смогут просматривать статистику связанную с реабилитацией, отслеживать свой прогресс, получать релевантную, проверенную и актуальную информацию о способах восстановления организма.

4. Сбор большего и разнообразного количества данных о пациентах их физических особенностях позволит выявлять различные закономерности и связывать их с определенными болезнями, сегментировать пациентов для назначения более подходящих программ реабилитаций, строить рекомендательные системы.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1-А. Нестеренков, С. Н. Применения цифровых двойников и бессерверной архитектуры для управления IoT устройствами / Нестеренков С. Н., Кукареко А. В. // Информационные технологии и системы 2019 (ИТС 2019) = Information Technologies and Systems 2019 (ITS 2019) : материалы международной научной конференции, Минск, 30 октября 2019 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники; редкол. : Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск, 2019. – С. 70 – 71.

2-А. 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.