

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н. Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра дискретной математики и информационных технологий

**АНАЛИЗ СПЕКТРА ВОЗМОЖНОСТЕЙ И ТЕХНОЛОГИЙ
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ СОЗДАНИИ ПРОЕКТА КАТЕГОРИИ
ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ**

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙ РАБОТЫ

студента 2 курса 271 группы
направления 09.04.01 — Информатика и вычислительная техника
факультета КНиИТ
Абрамова Артема Игоревича

Научный руководитель
доцент, к. ф.-м. н.

В. А. Поздняков

Заведующий кафедрой
к. ф.-м. н.

Л. Б. Тяпаев

Саратов 2021

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одну из важнейших ролей в жизни как отдельно взятого человека, так и какой-либо организации или фирмы играют информационные технологии [1]. Пожалуй одной из самых интересных и стремительно развивающихся концепций является концепция Интернет вещей. Её формирование происходило ещё в конце XX в. при разработке системы радиочастотной идентификации и взаимодействия различных предметов между собой и внешней средой [2].

Актуальность исследований в данном направлении определяется разнообразием сфер приложения концепции и косвенно подтверждается тем, что исследования в области Интернета вещей проводят такие компании как Apple, Google, Intel и Яндекс, являющиеся ведущими игроками на рынке информационных технологий [5]. Обуславливается это как постоянно растущим спросом на продукцию для «умных домов», так и развитием технологий, позволяющих создавать всё более элегантные и недорогие решения.

Построение систем машинного обучения на сегодняшний день также является одной из самых популярных, актуальных и современных областей человеческой деятельности. С каждым годом машинное обучение всё глубже проникает в нашу жизнь. Вполне очевидно, что эти технологии продолжают развиваться и дальше, становясь частью повседневной рутины человека. Особый интерес представляет возможность совмещения концепции Интернета вещей и машинного обучения в единой системе.

Целью данной научно-исследовательской работы является поиск и сравнение различных технических и программных решений, применимых для разработки проекта категории Интернет вещей, а также разработка системы «умный дом» с элементами машинного обучения.

Для достижения данной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- найти технические и программные средства для реализации проекта;
- сравнить и выбрать подходящие для реализации проекта решения;
- разработать архитектуру системы;
- разработать базу данных;
- разработать набор методов API для взаимодействия с системой;
- разработать подсистему создания и обучения нейронных сетей;

- разработать мобильное приложение для взаимодействия с системой;
- разработать прошивку для устройства умного дома.

Магистерская работа состоит из введения, 12 разделов, заключения, списка использованных источников и одного приложения. Общий объем работы – 59 страниц, из них 48 страниц – основное содержание, список использованных источников информации – 26 наименований.

В разделе 1 «Интернет вещей» содержится описание технологии Интернет вещей и системы «умный дом».

В разделе 2 «Машинное обучение в системах умного дома» даётся определение машинному обучению, рассматриваются варианты его применения в системах умного дома.

В разделе 3 «Обзор средств разработки ИНС» рассматриваются программные библиотеки языка Python, используемые при работе с ИНС.

В разделе 4 «Обзор веб-технологий» рассматриваются технологии, использованные при разработке системы.

В разделе 5 «Протокол MQTT» приводится описание работы протокола MQTT и структуры его адресов (топиков).

В разделе 6 «Обзор аппаратной платформы» представлен обзор аппаратной платформы Arduino и производится сравнение нескольких её плат.

В разделе 7 «Архитектура системы» рассказывается об архитектуре разрабатываемой системы.

В разделе 8 «Разработка базы данных» описывается структура разработанной базы данных.

В разделе 9 «Разработка API» описываются все методы API разработанной системы.

В разделе 10 «Создание и тестирование ИНС» рассматривается структура скрипта, используемого для создания и обучения модели. Также в приводятся описания разрабатываемых моделей нейронных сетей и результаты испытаний их различных конфигураций.

В разделе 11 «Разработка мобильного приложения для iOS» рассказывается о разработанном мобильном приложении для операционной системы iOS.

В разделе 12 «Разработка прошивки для устройства» рассказывается о разработанном для устройства программном обеспечении.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Раздел 1 «Интернет вещей» содержит описание технологии Интернет вещей и системы «умный дом».

Интернет вещей (Internet of Things, далее IoT) – это технология, которая делает реальным создание интеллектуальных сетей, связывающих миллиарды объектов и устройств между собой и предоставляющих информацию о состоянии и изменении коммутирующих объектов. Такой термин в 1999 году предложил Квин Эштон – основатель исследовательского центра Auto-ID Массачусетского технологического университета [6].

В общем Интернет вещей можно описать как некоторую всеобъемлющую сеть предметов, каждый из которых имеет уникальный идентификатор и обладает возможностью сообщать информацию о своем состоянии человеку и другим устройствам этой сети, а также умеет использовать вычислительные ресурсы облачных технологий.

Системы типа «умный дом» представляют собой набор различных датчиков и домашних устройств, способных выполнять действия и решать некоторые повседневные задачи самостоятельно. В последние годы число пользователей, использующих системы умного дома, выросло в несколько раз, что указывает на потребность рынка в подобных решениях.

В подразделе 1.1 «Проблемы стандартизации» рассказывается об отсутствии единых стандартов в IoT системах, рассматриваются протоколы передачи данных: 1Wire, X10, Bluetooth LE, Wi-Fi и Zigbee и делается вывод о пригодности их для использования в системах «умный дом».

Раздел 2 «Машинное обучение в системах умного дома» посвящён машинному обучению и вариантам его применения в системах умного дома.

Машинное обучение – класс методов искусственного интеллекта, характерной чертой которых является не прямое решение задачи, а обучение в процессе применения решений множества сходных задач [8]. Для построения таких методов используются средства математической статистики, численных методов, математического анализа, методов оптимизации, теории вероятностей, теории графов и различные техники работы с данными в цифровой форме.

В подразделе 2.1 «Сценарии использования машинного обучения» при-

водятся конкретные варианты применения методов машинного обучения в системах умного дома. Рассмотренные в данном подразделе сценарии нацелены на повышение уровня комфорта и безопасности жилого помещения, а так же на уменьшение потребления электроэнергии и природного газа.

В подразделе 2.2 «Искусственные нейронные сети» даётся определение искусственной нейронной сети (ИНС) и искусственного нейрона. Рассматриваются такие функции активации, как: функция Хевисайда, сигмоидальная функция, гиперболический тангенс, линейный выпрямитель (ReLU), линейный выпрямитель с «утечкой» (Leaky ReLU).

Искусственная нейронная сеть (ИНС) – это математическая модель, а также ее программное или аппаратное воплощение, построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма [9].

В подразделе 2.2.1 «Типы и классификация ИНС» рассказывается о типах и классификации искусственных нейронных сетей. Искусственные нейронные сети классифицируются:

- по типу входных данных: двоичные и образные;
- по характеру обучения: обучение с учителем, обучение без учителя, обучение с подкреплением;
- по характеру настройки синапсов: сети с фиксированными связями, сети с динамическими связями;
- по времени передачи сигнала: синхронные сети, асинхронные сети;
- по характеру связей: сети прямого распространения, рекуррентные сети, рекуррентная сеть Хопфилда, двунаправленные сети [9].

В подразделе 2.2.2 «Обучение ИНС» даётся определение процессу обучения ИНС и рассказывается таких подходах к обучению, как: обучение с учителем, обучение без учителя и обучение с подкреплением.

В подразделе 2.2.3 «Задачи, решаемые ИНС» рассказывается о типах задач, для решения которых применяют ИНС [9]. Также приводится список наиболее часто встречаемых задач:

- распознавание образов;
- классификация;
- принятие решений;
- кластеризация;

- прогнозирование.

В подразделе 2.2.4 «Достоинства и недостатки ИНС» рассказывается о преимуществах и недостатках искусственных нейронных сетей.

К достоинствам можно отнести:

- способность решать задачи с неизвестными закономерностями между входными и выходными данными;
- гибкость структуры;
- устойчивость к шумам во входных данных;
- адаптация к изменениям;
- отказоустойчивость.

Недостатки ИНС:

- ответ, выдаваемый ИНС всегда приблизительный;
- неспособность решать задачи, требующие последовательного выполнения нескольких шагов;
- неспособность решать вычислительные задачи.

Раздел 3 «Обзор средств разработки ИНС» содержит обзор программных библиотек языка Python, использованных для разработки, обучения и исследования ИНС.

NumPy – это программная библиотека для языка Python с открытым исходным кодом, предназначенная для выполнения математических функций и работы с большими многомерными массивами данных.

Основным преимуществом библиотеки NumPy можно назвать высокую скорость работы. Алгоритмы, написанные с использованием методов данной библиотеки работают почти так же быстро, как алгоритмы, написанные на компилируемых языках программирования.

Pandas – это программная библиотека для языка Python с открытым исходным кодом, используемая для обработки и анализа данных.

Pandas работает поверх библиотеки NumPy и предоставляет специальные методы и структуры данных для работы с числовыми таблицами. Прежде всего pandas предназначена для первичной оценки и обработки данных, а наборы описанных внутри библиотеки структур DataFrame и Series применяются в качестве входных в большинстве модулей машинного обучения на языке Python.

Scikit-learn – это бесплатная и одна из наиболее широко используемых

библиотек для машинного обучения на языке Python.

Scikit-learn поддерживает различные методы регрессии, позволяет производить предварительную обработку данных, уменьшать их размерность, производить кластерный анализ и др.

TensorFlow – это программная библиотека с открытым исходным кодом, разработанная американской компанией Google. Основным предназначением TensorFlow является решение задач построения и тренировки нейронных сетей. TensorFlow позволяет описать архитектуру ИНС в несколько строк кода и избавляет от необходимости в реализации алгоритмов обучения. Основной API для работы с TensorFlow реализован на языке программирования Python, но также есть реализации для языков C++, Java, Swift и др.

Раздел 4 «Обзор веб-технологий» содержит обзор средств, использованных для разработки серверной части системы.

PHP (рекурсивный акроним словосочетания PHP: Hypertext Preprocessor) – один из самых распространенных языков для веб-программирования. PHP специально сконструирован для веб-разработок, его код может внедряться непосредственно в HTML и в настоящее время он поддерживается подавляющим большинством хостинг-провайдеров.

MySQL – это самая популярная база данных с открытым исходным кодом. Из-за своей надежности, простоты подключения и высокой скорости работы MySQL широко используется в различных веб-приложениях [10].

Python – это высокоуровневый язык программирования общего назначения. Его применяют в работе с большими объемами информации, при разработке веб-приложений и часто используют в задачах машинного обучения.

Раздел 5 «Протокол MQTT» включает в себя определение протокола MQTT, описание его особенностей и семантики топиков.

MQTT или Message Queue Telemetry Transport – это открытый, простой и компактный протокол специально созданный для быстрого обмена небольшими объемами данных между удаленными устройствами, где есть ограничения по размеру кода и по пропускной способности канала связи. Благодаря этим качествам данный протокол нашел широкое применение в системах Машинно-Машинного взаимодействия (M2M) и ИИТ (промышленный Интернет вещей) [11, 12].

В подразделе 5.1 «Особенности протокола MQTT» перечислены основ-

ные особенности протокола MQTT. К ним относятся: небольшой размер сообщений, асинхронность, простое добавление новых устройств, поддержка нескольких различных уровней качества обслуживания (QoS), возможность работы даже в условиях нестабильного подключения. Также в подразделе рассматривается схема взаимодействия клиента, брокера и устройства.

В подразделе 5.2 «Семантика топиков» рассказывается о топиках (адресах), используемых для отправки данных на устройства.

Топик по своей сути является адресом и представляет собой строку вида: /abc/de/f. Символ «/» здесь используется для разделения на уровни. Топик может состоять из одного или же нескольких уровней. Такая структура помогает ускорить доступ к данным и упрощает их организацию.

Подписчик имеет возможность получать данные как с одного, так и из нескольких топиков сразу. Для этого используется так называемый wildcard. Wildcard бывают одноуровневым и многоуровневым. Для создания wildcard топика используется символ «#».

В подразделе 6.1 «Платформа Arduino» **раздела 6 «Обзор аппаратной платформы»** представлено описание платформы Arduino. Производится описание и сравнение плат Arduino Uno, Arduino Nano, NodeMCU и ESP-01 в контексте их использования в устройствах умного дома.

Arduino – это комбинация аппаратной и программной частей для простой разработки электроники. Аппаратная часть представляет собой набор из различных плат Arduino со встроенными программируемыми микроконтроллерами. Для Arduino также доступно множество различных дополнительных модулей [13].

Раздел 7 «Архитектура системы» рассказывает об архитектуре разработанной системы умного дома. В разделе демонстрируется её визуальное представление в виде диаграммы.

В состав системы входят три удаленных сервера. Каждый из них выполняет свою роль. По адресу <https://home.artyomabramov.ru> расположен основной сервер, используемый для взаимодействия с пользователем и управления базой данных. Удалённый MQTT-сервер используется для быстрой передачи информации на устройства. Для обучения и использования нейронных сетей используется сервер, расположенный по адресу <https://ml.artyomabramov.ru>.

Также в разделе перечислен список функций, поддерживаемых систе-

мой:

- возможность создания аккаунтов пользователей;
- управление действующими сессиями;
- добавление и удаление из аккаунта пользователя одного и более устройств;
- управление устройствами дистанционно через мобильное приложение для iOS;
- сбор данных об изменениях в состояниях устройств;
- создание и обучение нейронных сетей на основе собранных данных;
- предсказание действий пользователя с помощью созданных нейронных сетей.

Раздел 8 «Разработка базы данных» посвящён разработке базы данных с использованием СУБД MySQL. В разделе описывается структура базы данных и каждая из её таблиц.

Разработанная база данных состоит из следующих таблиц:

- user – хранение информации о пользователях и их паролях;
- session – хранение маркеров доступа и информации о текущих сессиях;
- modelType – хранение списка доступных типов моделей машинного обучения;
- models – хранение списка всех доступных нейронных сетей;
- deviceType – хранение описания всех доступных типов устройств;
- device – хранение информации об устройствах;
- events – хранение информации о событиях.

Раздел 9 «Разработка API» содержит описание всех разработанных методов API, их входных и выходных данных, описание формата запроса к серверу, описание проверки авторизации пользователя и пример ответа на вызов метода devices.

Ниже представлен список всех разработанных методов API, используемых для управления системой умного дома:

- POST /register – используется для регистрации нового пользователя;
- POST /login – используется для авторизации пользователя;
- POST /user – позволяет получить информацию о текущем пользователе;
- POST /train – внутренний метод, используемый для тренировки моделей;

- POST /predict – внутренний метод, используемый для предсказания будущего состояния устройства;
- POST /addDevice – позволяет привязать новое устройство к аккаунту пользователя;
- POST /deleteDevice – позволяет удалить устройство из аккаунта пользователя;
- POST /devices – позволяет получить список доступных для данного пользователя устройств;
- GET /update – позволяет изменить состояние устройства и/или переименовать его.

Раздел 10 «Создание и тестирование ИНС» описывает структуру Python скрипта, используемого для создания и обучения модели. Также в разделе приводятся описания разрабатываемых моделей нейронных сетей и результаты испытаний различных конфигураций.

Первая нейронная сеть используется для предсказания местонахождения пользователя (дома или нет) в зависимости от дня недели и времени суток. Тренировочные данные в этом случае могут получаться при помощи GPS-модуля в смартфоне пользователя или с помощью носимых RFID меток.

Вторая нейронная сеть используется для предсказания состояния устройства (включено или нет) в зависимости от дня недели, времени суток и предполагаемого местонахождения пользователя. В данном случае сеть управляет виртуальным водонагревателем. Система пытается предсказать будет ли в ближайшее время использована горячая вода и заблаговременно включает водонагреватель, если вероятность такого события велика. В противном случае водонагреватель выключается. Данная функция призвана уменьшить расходы на электричество.

Раздел 11 «Разработка мобильного приложения для iOS» рассказывает о разработанном мобильном приложении для операционной системы iOS.

Неотъемлемой частью практически каждого умного дома является мобильное приложение. Именно через него происходит основное взаимодействие пользователя с системой. Мобильные приложения легко распространять, они просты в использовании, но в то же время предоставляют широкий функционал. Для управления системой умного дома было разработано мобильное

приложение на языке Swift для операционной системы iOS.

Приложение состоит из нескольких экранов и позволяет производить вход в аккаунт, а также добавлять, удалять, переименовывать и управлять устройствами через удаленный сервер.

Раздел 12 «Разработка прошивки для устройства» рассказывает о разработанном для IoT устройства программном обеспечении. В разделе рассмотрены фрагменты кода прошивки, отвечающие за основной функционал устройства.

Для быстрой передачи данных на устройство был использован протокол MQTT. Подключение к MQTT серверу осуществляется с помощью программной библиотеки с открытым исходным кодом PubSubClient. Данная библиотека позволяет облегчить работу с протоколом MQTT и ускорить процесс разработки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе представлен обзор и сравнение технических и программных средств, которые могут быть использованы для создания систем категории Интернет вещей. Описываются сценарии применения машинного обучения в системах умного дома. Дается описание искусственного нейрона, искусственных нейронных сетей, типов нейронных сетей, вариантов обучения и функций активации. Реализована база данных MySQL, набор методов API, подсистема создания и обучения нейронных сетей. Произведено сравнение различных конфигурации нейронных сетей. Разработано мобильное приложение для операционной системы iOS и прошивка для платы-модуля ESP-01.

Результатом данной работы является система умного дома с использованием машинного обучения. Поставленная задача была полностью выполнена.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 ZDNet: The Internet of Things explained. What the IoT is, and where it's going next. [Электронный ресурс] : URL: <https://www.zdnet.com/article/what-is-the-internet-of-things-everything-you-need-to-know-about-the-iot-right-now/> (дата обращения 07.03.2021).
- 2 ScienceDirect: The Internet of Things: Foundational ethical issues [Электронный ресурс] : URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542660518300532> (дата обращения 10.03.2021).
- 3 ScienceDirect: A survey on internet of things security: Requirements, challenges, and solutions [Электронный ресурс] : URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542660519302288> (дата обращения 09.03.2021).
- 4 ScienceDirect: Securing the Internet of Things: Challenges, threats and solutions [Электронный ресурс] : URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542660518301161> (дата обращения 10.03.2021).
- 5 ScienceDirect: A health monitoring system for vital signs using IoT [Электронный ресурс] : URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2542660518300349> (дата обращения 10.03.2021).
- 6 ResearchGate: A review on Internet of Things (IoT), Internet of Everything (IoE) and Internet of Nano Things (IoNT) [Электронный ресурс] : URL: <https://www.researchgate.net/publication/308496376> (дата обращения 12.03.2021).
- 7 ResearchGate: IoT Architecture [Электронный ресурс] : URL: <https://www.researchgate.net/publication/333756927> (дата обращения 12.03.2021).
- 8 Википедия: Машинное обучение [Электронный ресурс] : URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Машинное> (дата обращения 13.04.2021).

- 9 itenterprise: Искусственные нейронные сети (ИНС) [Электронный ресурс] : URL: <https://www.it.ua/ru/knowledge-base/technology-innovation/iskusstvennye-nejronnye-seti-ins> (дата обращения 10.03.2021).
- 10 DevAcademy: MySQL vs SQLite vs PostgreSQL [Электронный ресурс] : URL: <https://devacademy.ru/article/sqlite-vs-mysql-vs-postgresql/> (дата обращения 15.03.2021).
- 11 I-O-T: Протокол MQTT [Электронный ресурс] : URL: <http://i-o-t.ru/protokol-mqtt/> (дата обращения 01.04.2021).
- 12 IPC2U: Что такое MQTT и для чего он нужен в IoT? Описание протокола MQTT [Электронный ресурс] : URL: <https://ipc2u.ru/articles/prostye-resheniya/chto-takoe-mqtt/> (дата обращения 01.03.2021).
- 13 All Arduino: Arduino. Всё об Ардуино для начинающих и специалистов. [Электронный ресурс] : URL: <https://all-arduino.ru> (дата обращения 14.04.2021).
- 14 RadioProg: ESP-01 Wi-Fi мод [Электронный ресурс] : URL: <https://radioprogram.ru/shop/merch/68> (дата обращения 16.03.2021).
- 15 Kirill Eremenko, Hadelin de Ponteves: Machine Learning A-Z™: Hands-On Python & R In Data Science [Электронный ресурс] : URL: <https://www.udemy.com/course/machinelearning/> (дата обращения 13.03.2021).
- 16 Kirill Eremenko, Hadelin de Ponteves: Deep Learning A-Z™: Hands-On Artificial Neural Networks [Электронный ресурс] : URL: <https://www.udemy.com/course/deeplearning/> (дата обращения 13.03.2021).
- 17 ResearchGate: IoT Security [Электронный ресурс] : URL: <https://www.researchgate.net/publication/337931918> (дата обращения 12.03.2021).
- 18 ResearchGate: Introduction to IoT [Электронный ресурс] : URL: <https://www.researchgate.net/publication/337931828> (дата обращения 13.03.2021).

- 19 ResearchGate: Internet of Things IoT: IoT in Healthcare [Электронный ресурс] : URL: <https://www.researchgate.net/publication/334124055> (дата обращения 13.03.2021).
- 20 SAS: Internet of Things (IoT). What it is and why it matters [Электронный ресурс] : URL: https://www.sas.com/en_us/insights/big-data/internet-of-things.html (дата обращения 14.03.2021).
- 21 Амперка: Модуль Wi-Fi ESP8266 [Электронный ресурс] : URL: <http://wiki.amperka.ru/продукты:esp8266-wifi-module> (дата обращения 15.03.2021).
- 22 3Diy: Wi-Fi модуль ESP-01 [Электронный ресурс] : URL: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/wi-fi-modul-esp-01/> (дата обращения 15.03.2021).
- 23 MicPic: Плюсы и минусы Arduino [Электронный ресурс] : URL: <http://micpic.ru/home/proekty-na-arduino/188-plyusy-i-minusy-arduino.html> (дата обращения 16.03.2021).
- 24 tssonline: Технологии и средства связи [Электронный ресурс] : URL: <http://lib.tssonline.ru/articles2/fix-corp/protokol-mqtt-osobennosti-varianty-primeneniya-osnovnye-protsedury-mqtt-protocol> (дата обращения 10.03.2021).
- 25 IBM Developer [Электронный ресурс] : URL: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/cl-bluemix-arduino-iot2/index.html> (дата обращения 12.03.2021).
- 26 ORACLE: MySQL [Электронный ресурс] : URL: <https://www.oracle.com/ru/mysql/> (дата обращения 13.03.2021).