



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-22-5-104-112>

*Оригинальная статья*  
*Original paper*

УДК 339.138

## РАЗРАБОТКА И МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕТИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ ДЛЯ ИТ-ДИАГНОСТИКИ ПАЦИЕНТОВ

В. А. ВИШНЯКОВ, ЮЙ ЧУ ЮЭ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
(г. Минск, Республика Беларусь)*

*Поступила в редакцию 12.04.2024*

© Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2024  
Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, 2024

**Аннотация.** Разработана и смоделирована работа сети, которая реализует алгоритмы ИТ-диагностики неврологических заболеваний на базе технологии интернета вещей. Сеть включает смартфон, платформу, нейронную сеть и приложения. Сначала со смартфона вводятся голоса заболевших пациентов для обучения нейронной сети, а потом – обследуемых пациентов для ИТ-диагностики. Передача данных между смартфоном и платформой (ThingSpeak) происходит по протоколу MQTT. Мобильное приложение смартфона извлекает голосовые функции обследуемых пациентов и записывает их на платформу сети интернета вещей. Распознавание происходит с использованием обученной нейронной сети. Представлены структура и алгоритм работы платформы ThingSpeak. Показатели ИТ-диагностики отображаются в приложении на смартфоне. Данные пациентов, использованные в исследовании, взяты из программы ADReSS 2020 Challenge, которая содержит речевые данные пациентов с болезнью Альцгеймера и здоровых людей.

**Ключевые слова:** ИТ-диагностика, болезнь Альцгеймера, сеть интернета вещей, MQTT, облачная платформа, моделирование.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования.** Вишняков, В. А. Разработка и моделирование сети интернета вещей для ИТ-диагностики пациентов / В. А. Вишняков, Юй Чу Юэ // Доклады БГУИР. 2024. Т. 22, № 5. С. 104–112. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-22-5-104-112>.

## DEVELOPMENT AND MODELING OF THE INTERNET OF THINGS NETWORK FOR PATIENTS IT DIAGNOSTICS

ULADZIMIR A. VISHNIAKOU, YU CHU YEU

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Republic of Belarus)*

*Submitted 12.04.2024*

**Abstract.** The work of a network that implements algorithms for IT diagnostics of neurological diseases based on the Internet of Things technology has been developed and modeled. The network includes a smartphone, a platform, a neural network, and applications. First, the voices of sick patients are entered from the smartphone to train the neural network, and then the examined patients for IT diagnostics. Data is transferred between the smartphone and the platform (ThingSpeak) via the MQTT protocol. The smartphone's mobile application extracts the voice functions of the examined patients and records them on the Internet of Things network platform. Recognition is performed using the trained neural network. The structure and algorithm of the ThingSpeak platform are presented. IT diagnostics data are displayed in the application on the smartphone. The patient data used in the study are taken from the ADReSS 2020 Challenge program, which contains speech data of patients with Alzheimer's disease and healthy people.

**Keywords:** IT diagnostics, Alzheimer's disease, internet of things network, MQTT, cloud platform, simulation.

**Conflict of interests.** The authors declare no conflict of interest.

**For quoting.** Vishniakou U. A., Yu Chu Yeu (2024) Development and Modeling of the Internet of Things Network for Patients IT Diagnostics. *Doklady BGUIR*. 22 (5), 104–112. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2024-22-5-104-112> (in Russian).

## Введение

Данные от сенсоров могут предоставить детальную физиологическую и поведенческую информацию пациентов, что имеет важное значение для диагностики неврологических заболеваний [1]. Алгоритмы и методы машинного обучения позволяют обрабатывать звуковые данные пациентов, получаемые от сенсоров. С использованием сетей интернета вещей (IoT) на основании этих данных реализуется IT-диагностика. Клиническими симптомами заболевших людей являются замедление, монотонность, дрожь звуков речи. Пациенты с болезнью Альцгеймера (БА) плохо справляются с семантическими задачами, часто путают имена или не могут назвать их точно [2]. Нелингвистические показатели, которые связаны с БА, включают фонологическую непрерывность, продолжительность и пропорцию немых сегментов. Полезные лингвистические показатели требуют автоматического распознавания голоса для оценки, включая фонологическое богатство и соотношение различных лексических свойств [3]. Одним из способов оценки наличия у субъекта неврологического заболевания является анализ данных с датчиков и их обработка [4].

## Отличительные особенности голоса пациентов с неврологическими заболеваниями

Неврологические заболевания проявляются различными симптомами на разных стадиях болезни. Исследования показывают, что речь заболевших пациентов подвергается нарушениям [5]. Типичные голосовые нарушения у заболевших людей включают уменьшение диапазона голоса, снижение основной частоты у женщин (нормальный уровень – примерно от 248 до 175 Гц), повышение основной частоты у мужчин (со 110 до 135–160 Гц), большие вариации частоты (джиттер) и амплитуды (шиммер) голоса, уменьшение резонанса и увеличение пауз в речи [6]. Кроме того, пациенты с БА обычно испытывают трудности с называнием и поиском слов (аномия), что приводит к перифразам, а также с намеренным доступом к семантической информации, что приводит к общей семантической деградации [7].

Спонтанная речь и задачи чтения являются наиболее часто используемыми задачами при различных заболеваниях. Помимо популярных наборов инструментов для извлечения признаков, во многих исследованиях также применяются настраиваемые наборы признаков [8]. Основываясь на голосовых характеристиках пациентов с БА, в [9] приведено исследование между пациентами с болезнью Альцгеймера и здоровыми людьми, основанное на анализе расшифрованных речевых текстов с использованием методов машинного обучения, доказана возможность выявления БА путем анализа семантической информации в выражениях естественного языка пациентов. Преобразуя речевые данные в текст и анализируя эти тексты с помощью классификатора Random Forest (случайный лес), исследователи могут идентифицировать специфические языковые особенности, связанные с БА. Случайный лес – это метод ансамблевого обучения, применимый для задач классификации и регрессии. Аналогичным образом для болезни Паркинсона, которая также является неврологическим заболеванием, раннее выявление можно осуществить путем извлечения и анализа различных акустических характеристик из голосовых записей, таких как тремор, мерцание, параметры основной частоты, гармонические параметры, мел-частотные кепстральные коэффициенты (MFCC) и характеристики вейвлет-преобразования [10].

## Структура сети IT-диагностики

Для автоматизации IT-диагностики неврологических заболеваний необходимо создать структуру сети IoT [11, 12]. Чтобы автоматизировать задачу обнаружения БА, разработали сеть IoT с использованием акустических функций, полученных из голоса пациента. Она включает смартфон (ввод голосов пациентов, вывод результатов распознавания), нейронные сети (для распознавания), платформу (для обработки звуков голоса) и приложения.

Когда пациент заходит в приложение ввода на смартфоне, отображается картинка или вопрос, требующий ответа либо описания на основе этого вопроса или картинки, а затем голос участника собирается и загружается в библиотеку для оценки. Платформа включает сервер, базу данных, нейронную сеть глубокого обучения. База хранит данные о голосах заболевших пациентов, полученные из больниц. Из них извлекаются акустические характеристики, которые служат обучающим набором для нейронной сети. Клиентское приложение отображает на экране вероятность того, что у исследуемого пациента болезнь Альцгеймера. Результаты тестирования участников отправляются на адрес электронной почты зарегистрированного пользователя. На рис. 1 показана базовая структура сети IoT, которая состоит из набора данных, алгоритмов нейронной сети, данных участников, платформы IoT и мобильного приложения. Рассмотрим работу сети IoT, использующей платформу ThingSpeak.

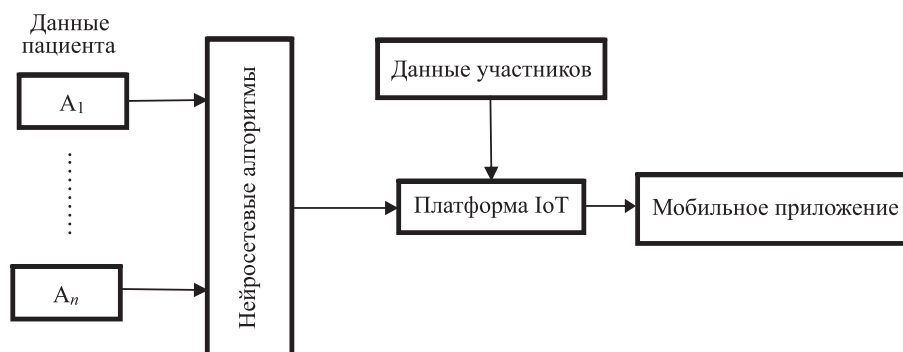


Рис. 1. Структура сети IoT для IT-диагностики  
Fig. 1. The structure of the IoT network for IT diagnostics

### Структура и функционирование платформы ThingSpeak

ThingSpeak – это платформа фирмы MathWorks для построения сети IoT, основное внимание в которой уделяется записи данных с датчиков, отслеживанию местоположения, запуску триггеров, оповещению и анализу. Платформа ThingSpeak с открытым исходным кодом обладает такими функциями, как сбор данных по частным каналам, обмен данными через общедоступные каналы, анализ и визуализация средствами MATLAB, интеграция приложений. Структура платформы показана на рис. 2.

ThingSpeak функционирует как платформа для IoT, предоставляя бесплатное хранилище для данных, собранных оборудованием, и возможность онлайн-анализа этих данных с использованием MATLAB. Инструментарий ThingSpeak для MATLAB позволяет записывать результаты выполнения решений в каналы ThingSpeak. Рассмотрим назначение компонентов платформы.

1. ThingSpeak API позволяет пользователю отправлять и получать данные из приложений или устройств с помощью API.

2. ThingSpeak Cloud предоставляет визуализацию данных, оповещения и другие функции, осуществляя хранение и управление данными датчиков в облаке.

3. ThingSpeak MQTT – протокол связи, который может использоваться для передачи данных в реальном времени между устройствами и ThingSpeak.

4. MATLAB Analysis – дополнительный модуль, позволяющий использовать средства MATLAB для анализа, моделирования, модификации и прогнозирования данных.

5. ThingSpeak Apps используется для создания пользовательских приложений и подключаемых модулей с внешними подключениями, а также для разработки приложений.

6. ThingSpeak Plugins – плагины, используемые для добавления пользовательских функций и сервисов.

7. Channels ThingSpeak – контейнер для организации и хранения данных датчиков, каждый канал имеет свой собственный ключ API и конфигурацию.

8. ThingSpeak React – платформа реагирования на инциденты и автоматизации на основе правил для настройки оповещений о данных и выполнения задач автоматизации.

9. ThingSpeak Data Repository – данные, опубликованные в канале, хранятся в облачном хранилище данных ThingSpeak с возможностью экспорта данных в форматах JSON, XML и CSV.

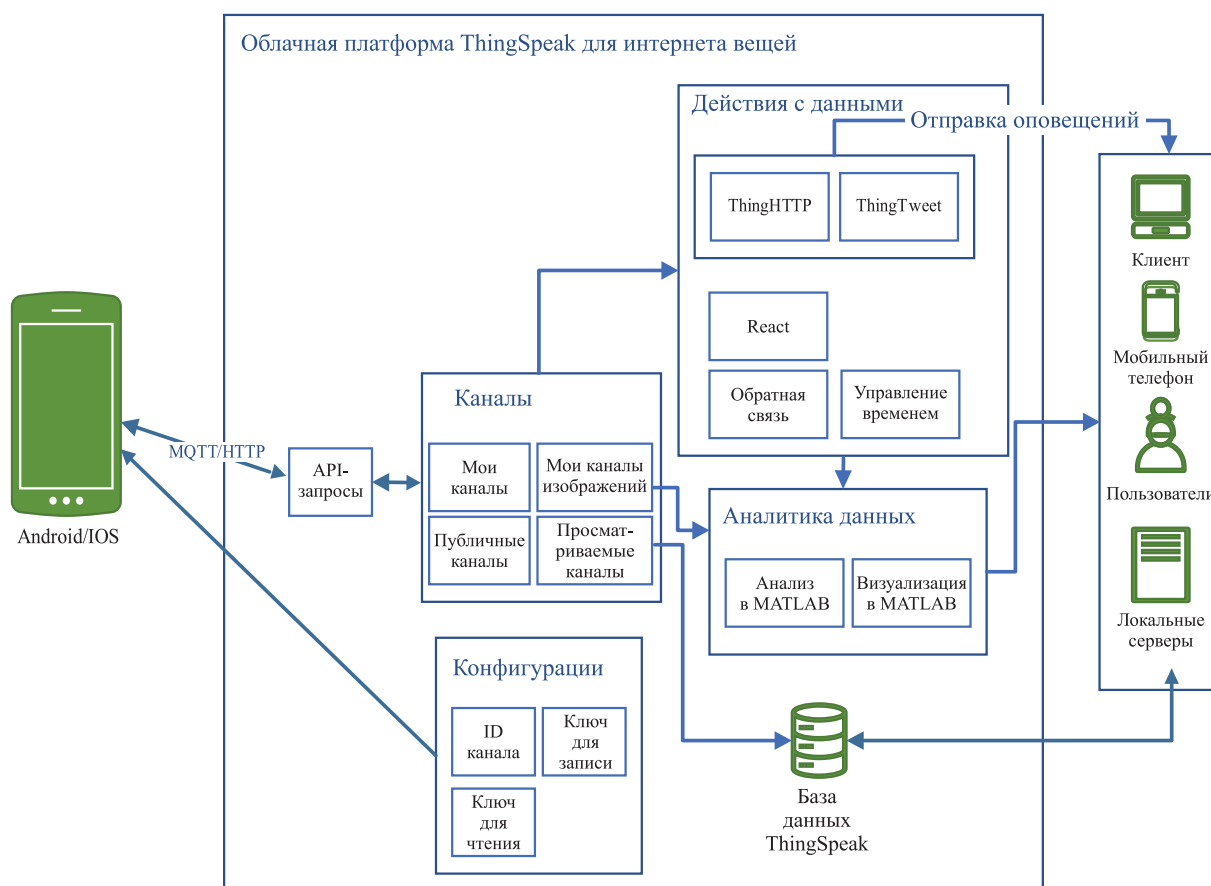


Рис. 2. Структура платформы ThingSpeak интернета вещей  
Fig. 2. Structure of the ThingSpeak IoT platform

Данные, собранные датчиком, отредактированы в канале через запрос API после предварительной обработки. Данные в канале анализируются с помощью кода MATLAB и представляются на веб-странице. Операции интерфейса над ресурсами включают получение, создание, модификацию и удаление, что соответствует методам GET/POST/PUT/DELETE протокола HTTPS. Приведем конкретное их описание.

1. GET. Примеры инструкций: [https://api.thingspeak.com/channels/<идентификатор\\_канала>/feeds.<формат>](https://api.thingspeak.com/channels/<идентификатор_канала>/feeds.<формат>)

Эта команда обычно используется для считывания информации, в данном случае с указанием номера канала, а также формата json/xml, в котором будут считываться данные. Кроме того, к команде можно добавить дополнительные атрибуты, определяющие объем информации, которую нужно считать, или формат получаемых данных.

2. POST. Примеры инструкций: <https://api.thingspeak.com/update.<формат>>

Эта команда дает возможность пользователям записывать информацию в канал. Пользователи должны указать формат данных (например, JSON или XML), а также API-ключ для аутентификации, затем в данных записывается содержимое, которое требуется изменить, записать или повторно обновить.

3. PUT. Примеры инструкций: [https://api.thingspeak.com/channels/<идентификатор\\_канала>.<формат>](https://api.thingspeak.com/channels/<идентификатор_канала>.<формат>)

Эта команда позволяет записывать настройки канала, которые включают описание канала, названия полей, местоположение канала, метаданные, статус общедоступности или приватности, а также имя канала.

4. DELETE. Примеры инструкций: [https://api.thingspeak.com/channels/<идентификатор\\_канала>.<формат>](https://api.thingspeak.com/channels/<идентификатор_канала>.<формат>)

Эта команда используется для удаления канала.

## Распознавание болезни Альцгеймера с использованием платформы ThingSpeak

Для передачи данных между смартфоном и платформой IoT ThingSpeak можно использовать три способа: протоколы MQTT, HTTP и приложение MATLAB. При выборе способа передачи данных в эксперименте были учтены природа задач и применимость каждого способа в различных сценариях.

1. Протокол MQTT более подходит для приложений IoT, требующих низкой задержки и эффективного использования энергии, когда количество устройств велико и необходимо частое обновление данных. Этот протокол позволяет реализовать мгновенное или частое обновление данных.

2. Запросы по протоколу HTTP не сохраняют состояние, что делает его подходящим для обновления данных или сценариев, где не требуется мгновенное обновление.

3. Приложение MATLAB Mobile может работать в связке с MATLAB Online, используя MATLAB-код для непосредственной связи с ThingSpeak, однако MATLAB не подходит для создания высококастомизированных коммерческих клиентских приложений.

В процессе распознавания БА и болезни Паркинсона требуется не только реализация реального времени передачи данных, но и поддержка платформы для одновременной передачи данных от множества устройств. Поэтому в эксперименте для передачи данных был выбран протокол MQTT. Компоненты платформы ThingSpeak работают следующим образом.

1. Каналы используются для хранения и получения данных, собранных с различных устройств или приложений. Клиентские данные, которые необходимо загрузить, отправляются в уже созданный канал. Пользователи при создании канала имеют четыре варианта: «Мои каналы», «Мои каналы изображений», «Каналы просмотра» и «Общедоступные каналы». В эксперименте использовался вариант «Мои каналы», как показано на рис. 3.

## My Channels

Name	Created	Updated
datachannel percentage, matlab, result Private Public Settings Sharing API Keys Data Import / Export	2024-01-23	2024-01-23 16:51
datachannel percentage, matlab, result Private Public Settings Sharing API Keys Data Import / Export	2024-01-23	2024-01-23 18:14

Рис. 3. Вариант «Мой канал»

Fig. 3. Option “My Channel”

После создания канала система автоматически присваивает ему уникальные идентификаторы для передачи данных: идентификатор канала (channel ID), ключ для записи API (Write API key), ключ для чтения API (Read API key). Эти API-ключи и конфигурации присутствуют у каждого канала. Каждый канал может свободно настраивать несколько полей для хранения различных типов данных. В рассматриваемом эксперименте данные пользователя, извлеченные из аудиозаписей на мобильном устройстве, были использованы для определения диагностического показателя – вероятности заболевания, представленной в виде процента. Таким образом, в канале были настроены поля для хранения идентификаторов пользователей и соответствующих результатов тестирования.

2. MQTT API. ThingSpeak MQTT позволяет устройствам общаться с ThingSpeak с низкой пропускной способностью, что может использоваться для передачи данных в реальном времени между устройствами и ThingSpeak. ThingSpeak API – это API, позволяющий пользователям отправлять и получать данные из приложений или устройств. Ключ записи API (Write API Key)

в ключе API используется для аутентификации и авторизации записи данных в указанный канал, что обеспечивает безопасность передачи данных и правильный доступ к данным канала. В рассматриваемом эксперименте использовался MQTT API для установления соединения с сервером ThingSpeak и публикации номера пользователя и результатов теста на платформу.

Чтобы получить учетные данные для аутентификации и авторизации, необходимые для обмена данными с платформой ThingSpeak через MQTT, а также для авторизации взаимодействия с определенным каналом, необходимо сначала создать устройство на платформе ThingSpeak, как показано на рис. 4.

## MQTT Devices

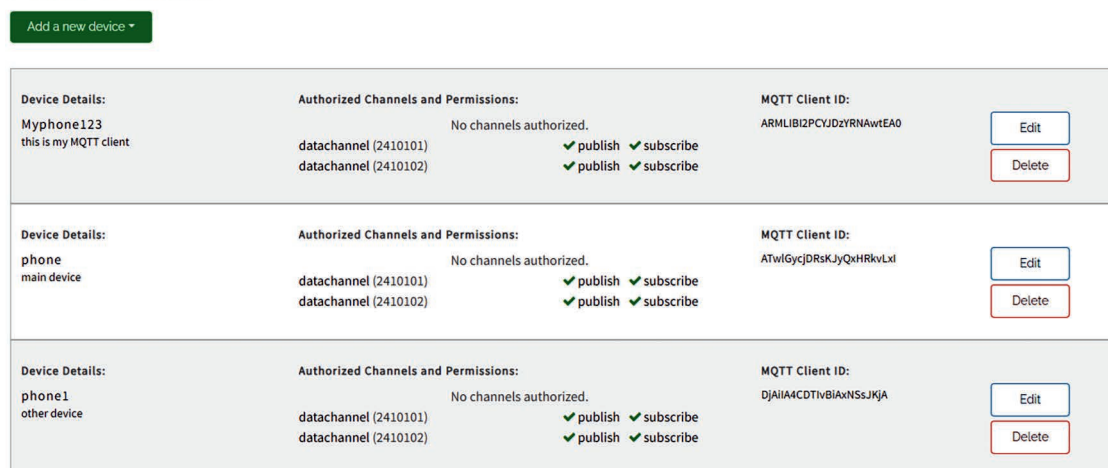


Рис. 4. Создание устройства на платформе ThingSpeak  
Fig. 4. Creating a device on the ThingSpeak platform

Были получены три идентификатора об устройстве MQTT Devices: имя пользователя, ClientID, пароль, которые вместе называются mqtt\_credentials. Их можно загрузить в виде открытого текста, сохраненного ранее для последующих шагов. Чтобы реализовать функции клиента MQTT в мобильном приложении MQTT Client, необходимо настроить параметры:

mqtt\_client\_ID = "ATwlGycjDRsKJyQxHRkvLxI" (из сохраненного файла учетных данных)

mqtt\_username = "ATwlGycjDRsKJyQxHRkvLxI" (из сохраненного файла учетных данных)

mqtt\_password = "IhpXhiOj6vTu/gJC/QueetZ3+" (из сохраненного файла учетных данных)

t\_port = 1883

mqtt\_host == "mqtt3.thingspeak.com" (имя хоста брокера MQTT на платформе ThingSpeak)

channel\_ID = "<YOUR-CHANNEL-ID>" (любой уникальный идентификатор, который вы выберете).

Надо включить переключатели enabled: Use MQTT v3.1, Clean Session. После успешной настройки на терминале появляется сообщение connected. Приложение работает на порту, что указывает на возможность нормальной подписки и публикации сообщений.

3. Темы. В соответствующей конфигурации канала ThingSpeak настроены необходимые параметры подключения. После подключения к брокеру MQTT на ThingSpeak умный мобильный клиент, функционирующий как клиент MQTT, должен публиковать данные в определенную тему. Эта тема соответствует каждому полю канала ThingSpeak. Темы могут использоваться для определения назначения сообщений и выбора уровня качества обслуживания, например, QoS 0, который указывает уровень качества обслуживания при публикации сообщений.

Публикация в канале включает:

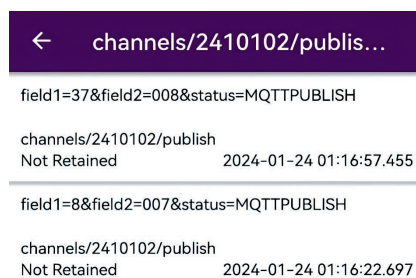
в поле topic был введен следующий код:

Channels/2410102/publish;

поле «данные» было заполнено следующим образом:

field1=37&field2=008&status=MQTTPUBLISH

Это сообщение содержит данные для обновления полей канала ThingSpeak. После нажатия стрелки отправки, как показано на рис. 5, сервер ThingSpeak получает MQTT-сообщение от смартфона и обновляет соответствующие поля в канале. Результаты отображаются на платформе.



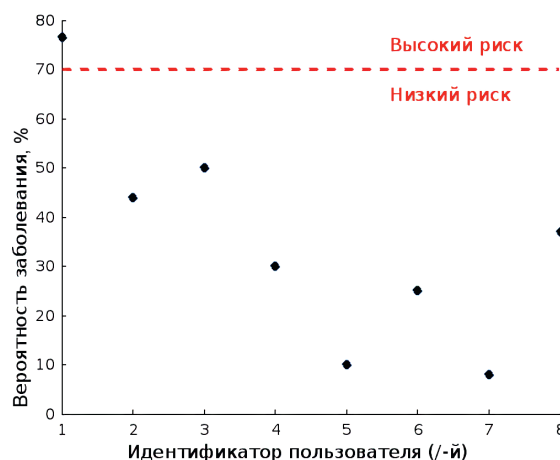
**Рис. 5.** Новые данные  
**Fig. 5.** New data

4. Анализ и визуализация данных. ThingSpeak, функционируя для IoT, предоставляет инструменты для анализа и визуализации данных:

– анализ MATLAB (MATLAB Analysis): анализ, моделирование и прогнозирование данных с помощью кода MATLAB. Пользователи могут использовать скрипты MATLAB для обработки данных;

– визуализация MATLAB (MATLAB Visualization): интерактивная визуализация данных, создание графиков и диаграмм для отображения изменений данных во времени или взаимосвязей между различными наборами данных.

С помощью инструментария MATLAB для ThingSpeak пользователи могут записывать результаты анализа MATLAB обратно в каналы ThingSpeak, включая новые вычисленные точки данных, результаты статистического анализа или любые другие формы обработанных данных. На рис. 6 показана диаграмма дискретных коррелированных данных, полученных в эксперименте с использованием визуализации в MATLAB, где обозначены пользователи с высокими и низкими рисками заболевания.



**Рис. 6.** Дискретные коррелированные данные  
**Fig. 6.** Discrete correlated data

Данные в канале анализируются с помощью встроенного кода MATLAB и отображаются на странице, предоставляя пользователю возможность выбрать, как реагировать на результаты. Преобразование данных в проценты и их представление в виде диаграмм и графиков позволяют наглядно показать состояние здоровья пациента и изменения его состояния с течением времени. Это особенно полезно для непрофессионалов. Также хранящиеся в канале ThingSpeak ранее полученные данные могут быть использованы для анализа изменений состояния заболевания с течением времени, что помогает врачам оценивать скорость прогрессирования заболевания и эффективность лечения.

5. Реагирование в реальном времени. ThingSpeak React позволяет пользователям создавать события и задачи автоматизации, основанные на определенных правилах. Это может быть использовано для настройки предупреждений о данных. Например, триггеры канала могут управлять предупреждениями или уведомлениями, когда данные достигают определенного порогового

значения, что позволяет вовремя принять медицинские меры. Например, если процент заболевания пользователя достигает определенного критического уровня, функция триггера ThingSpeak может быть настроена на отправку предупреждения или уведомления врачу либо лицу, осуществляющему уход.

### Обсуждение результатов

Для оценки работы предложенной сети применяли три метода повторной выборки исходных данных пациентов как с БА, так и здоровых людей [13]: перекрестную проверку без учета одного субъекта (LOSO), перекрестную проверку в К раз (K-Fold), метод начальной выборки (Bootstrap Sampling). Подробно эти методы описаны в [9].

В табл. 1 представлено сравнение точности, достигнутой этими тремя методами выборки данных, используемых для IT-диагностики БА, наряду с лучшим известным результатом распознавания БА из [14]. Базовый результат получили с помощью классификатора LDA с лингвистическими особенностями при перекрестной проверке LOSO для задачи классификации БА.

**Таблица 1.** Сравнение полученных результатов распознавания болезни Альцгеймера с имеющимися  
**Table 1.** Comparison of the obtained results of Alzheimer's disease recognition with known ones

Набор данных	Исследователь	Алгоритм нейронной сети	Метод оценки данных	Точность, %
Ad_speech	Авторы	Random forest classifier	LOSO	85,2
Ad_speech	Авторы	Random forest classifier	K-Fold	87,6
Ad_speech	Авторы	Random forest classifier	Bootstrap Sampling	87,3
Ad_speech	[14]	LDA	LOSO	89,6

### Заключение

1. Представлены структура и алгоритмы распознавания болезни Альцгеймера в сети интернета вещей на базе платформы ThingSpeak. Структура интернета вещей включает смартфон (ввод голосов пациентов, вывод результатов распознавания), нейронные сети (для распознавания), платформу (для обработки звуков голоса) и приложения. ThingSpeak действует как точка агрегации данных, собирая ключевые показатели пациентов со смартфонов. Алгоритм включает передачу голосовых данных пациентов со смартфона на платформу ThingSpeak, обработку и анализ данных с использованием встроенных инструментов MATLAB, вывод результатов распознавания через приложение на смартфон.

2. Для оценки работы предложенной сети применяли три метода повторной выборки исходных данных пациентов как с болезнью Альцгеймера, так и здоровых пациентов. Лучшая точность распознавания болезни Альцгеймера составила 87,3 %.

### Список литературы / References

1. Kouchaki S., Ding X., Sanei S. (2024) AI- and IoT-Enabled Solutions for Healthcare. *Sensors*. 24 (8). DOI: 10.3390/s24082607.
2. Giannakopoulou K.-M., Roussaki I., Demestichas K. (2022) Internet of Things Technologies and Machine Learning Methods for Parkinson's Disease Diagnosis, Monitoring and Management: A Systematic Review. *Sensors*. 22 (5). <https://doi.org/10.3390/s22051799>.
3. Atzori L., Iera A., Morabito G. (2010) The Internet of Things: A Survey. *Computer Networks*. 54 (15), 2787–2805.
4. Lott S. A., Streele E., Bachman S. L., Bode K., Dyer J., Fitzer-Attas C., et al. (2024) Digital Health Technologies for Alzheimer's Disease and Related Dementias: Initial Results from a Landscape Analysis and Community Collaborative Effort. *The Journal of Prevention of Alzheimer's Disease*. 1–10.
5. Cummins N., Scherer S., Krajewski J., Schnieder S., Epps J., Quatieri T. F. (2015) A Review of Depression and Suicide Risk Assessment Using Speech Analysis. *Speech Communication*. 71, 10–49.
6. Martínez-Nicolás I., Llorente T. E., Martínez-Sánchez F., Meilán J. J. G. (2021) Ten Years of Research on Automatic Voice and Speech Analysis of People with Alzheimer's Disease and Mild Cognitive Impairment: A Systematic Review article. *Frontiers in Psychology*. 12.



7. Haider F., De La Fuente S., Luz S. (2019) An Assessment of Paralinguistic Acoustic Features for Detection of Alzheimer's Dementia in Spontaneous Speech. *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*. 14 (2), 272–281.
8. Hecker P., Steckhan N., Eyben F. (2022) Voice Analysis for Neurological Disorder Recognition – a Systematic Review and Perspective on Emerging Trends. *Frontiers in Digital Health*. 4.
9. Vishniakou U. A., Yu Chu Yeu (2023) Using Machine Learning for Recognition of Alzheimer's Disease Based on Transcription Information. *Doklady BGUIR*. 21 (6), 106–112. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2023-21-6-106-112>.
10. Vishniakou U. A., YiWei Xia (2023) IT Diagnostics of Parkinson's Disease Based on the Analysis of Voice Markers and Machine Learning. *Doklady BGUIR*. 21 (3), 102–110. <https://doi.org/10.35596/1729-7648-2023-21-3-102-110>.
11. Vishniakou U. A. (2023) *Specialized IoT Systems: Models, Structures, Algorithms, Hardware, Software Tools*. Minsk, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics.
12. Maureira M. A. G., Oldenhof D., Teernstra L. (2011) ThingSpeak – an API and Web Service for the Internet of Things. *Computer Science*. Available: [http://mediatechnology.leiden.edu/images/uploads/docs/w\\_t2014\\_thingspeak.pdf](http://mediatechnology.leiden.edu/images/uploads/docs/w_t2014_thingspeak.pdf) (Accessed 25 March 2018).
13. Luz S., Haider F., de la Fuente S. (2020) Alzheimer's Dementia Recognition Through Spontaneous Speech: The ADReSS Challenge. *arXiv preprint arXiv*. 2172–2176.
14. Yuan J., Bian J. Cai X. (2020) Disfluencies and Fine-Tuning Pre-Trained Language Models for Detection of Alzheimer's Disease. *Interspeech*. 2162–2126.

#### Вклад авторов / Authors' contribution

Авторы внесли равный вклад в написание статьи / The authors contributed equally to the writing of the article.

#### Сведения об авторах

**Вишняков В. А.**, д-р техн. наук, проф. каф. инфокоммуникационных технологий, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

**Юй Чу Юэ**, асп. каф. инфокоммуникационных технологий, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

#### Адрес для корреспонденции

220013, Республика Беларусь,  
г. Минск, ул. П. Бровки, 6  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники  
Тел.: +375 44 486-71-82  
E-mail: vish@bsuir.by  
Вишняков Владимир Анатольевич

#### Information about the authors

**Vishniakou U. A.**, Dr. of Sci. (Tech.), Professor at the Department of Infocommunication Technologies, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

**Yu Chu Yue**, Postgraduate at the Department of Infocommunication Technologies, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

#### Address for correspondence

220013, Republic of Belarus,  
Minsk, P. Brovki St., 6  
Belarusian State University  
of Informatics and Radioelectronics  
Tel.: +375 44 486-71-82  
E-mail: vish@bsuir.by  
Vishniakou Uladzimir Anatol'evich