

УДК 620.9:658.28

# СЕТИ «ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ» В ИТ-ДИАГНОСТИКЕ

**В. А., ВИШНЯКОВ,**

*доктор технических наук, профессор, профессор кафедры ИКТ БГУИР*

Технологии «интернета медицинских вещей» (IoMT) повышают производительность и результативность организаций здравоохранения за счет оптимизации клинических, информационных и операционных процессов. Перечислены преимущества использования технологий IoMT в здравоохранении Российской Федерации. Для разработки отечественной IoMT ИТ-диагностики был проведен анализ по трем направлениям: диагностика по радужной оболочке глаз, изменениям голосовых характеристик, показателям умных часов. Рассмотрено использование технологий искусственного интеллекта и машинного обучения для диагностики. Обсуждается авторская структура сети IoMT ИТ-диагностики пациентов.

**Ключевые слова:** сети IoMT, диагностика пациентов, иридодиагностика, голосовые маркеры, умные гаджеты.

## ВВЕДЕНИЕ

«Интернет медицинских вещей» (IoMT) – это сеть «интернета вещей» (ИВ), включающая медицинские устройства (датчики), коммуникаторы, сервер, программные приложения, которая обеспечивает многообразные ИТ-услуги в здравоохранении. Взаимодействие между датчиками (устройствами) и сервером позволяет организациям здравоохранения собирать данные, обрабатывать их на сервере и на их основании принимать решения, получать диагностику, оптимизировать клинические операции и управлять рабочими процессами, а также улучшить уход за пациентами из удаленных мест [1, 2]. Основные преимущества IoMT, по данным Российской Федерации [1, 3]:

- быстрая диагностика: устройства мониторинга с поддержкой внутривенного вливания постоянно отслеживают состояние пациентов, помогают диагностировать заболевания или проблемы со здоровьем на ранней стадии;
- снижение затрат: с помощью IoMT пациент может получать высококачественные медицинские консультации в режиме реального времени без посещения врачей и госпитализации;
- улучшение доступа к медицинскому обслуживанию в отдаленных районах (деревни и города в некоторых странах не имеют полного доступа к современным медицинским услугам);
- сокращение количества человеческих ошибок: данные, собранные подключенными медицинскими устройствами, практически не допускают ошибок, что повышает качество диагностики;

- улучшение медицинского обслуживания: поскольку врачи могут постоянно контролировать пациентов с помощью медицинских устройств на основе внутривенного введения лекарств, появляется больше возможностей для специализированного и индивидуального лечения;
- эффективное управление медицинским оборудованием и лекарственными средствами;
- выявление побочных эффектов лекарств на ранних стадиях;
- страховые компании могут использовать данные, собранные с помощью подключенных медицинских устройств, для обработки жалоб, что обеспечивает прозрачность их рассмотрения.

Использование сетей ИВ в здравоохранении позволяет перейти на более высокий уровень диагностики заболеваний, уровня лечения и мониторинга здоровья клиентов с помощью микро- и нанодетекторов и других умных устройств. Дистанционный мониторинг снижает риски внеплановой госпитализации и снижает нагрузку на больницы, а онлайн-взаимодействие между врачами и пациентами упрощается. Далее рассмотрим отдельные области медицинской диагностики для построения IoMT.

## ИРИДОДИАГНОСТИКА ДЛЯ IOMT

Иридодиагностика – это выявление заболеваний по радужной оболочке глаза [4, 5]. Радужная оболочка – сложная диафрагма, регулирующая количество попадающего на сетчатку света, центром которой является зрачок. Она имеет связь практически со всеми внутренними системами и органами, в связи с чем яв-

ляется отображением их состояния и изменений. При появлении заболеваний органов меняется и картинка на радужной оболочке глаза, что древними китайскими врачами рассматривалось как признаки того или иного заболевания.

Не все врачи владеют этим методом, поэтому им поможет ИТ-диагностика. В целом современная медицина выделяет пять специфических проекционных зон в организме, которые могут отражать состояние человеческого здоровья, – кожу, радужную оболочку глаза, ушную раковину, слизистые оболочки носа и голос.

В методе иридодиагностики используются разработанные картинки, учитывающие зоны отражения внутренних органов на радужную оболочку, а также специальное программное обеспечение, облегчающие конечную диагностику. Иридодиагностика рассматривается как новый метод анализа пациента, хотя она использовалась в прошлом. В Древней Индии и Китае отдельные целители уже по состоянию радужной оболочки глаз могли определить заболеваний человека [4].

Первым медицинским учреждением в России, применяющим методы иридодиагностики, стал созданный в Москве на медицинском факультете Университета Дружбы народов центр, который возглавил специалист в области рефлексотерапии Е. С. Вельховер. В этом центре разработали специализированные программы, которые помогали диагностировать различные заболевания (язву желудка, камни в почках и др.).

Иридодиагностика обладает способностью выявлять даже очень небольшие отклонения в работе организма, характерные для ранней формы заболевания, что используется для профилактики многих патологий. Врач-иридодиагност способен выявить начальные отклонения в организме человека и дать пациенту рекомендации по изменению образа жизни или питания. С другой стороны, иридодиагностическая информация позволяет выявить врожденные особенности организма человека, состояние его отдельных подсистем (нервной или сердечно-сосудистой), уровень его стрессоустойчивости [5]. С учетом того, что симптомы заболеваний по радужной оболочке специфичны, это позволяет выявить редкие патологии, особенно те, которые связаны с сердечно-сосудистой и нервной системами.

## **ДИАГНОСТИКА ИЗМЕНЕНИЙ ГОЛОСА**

Идея этой ИТ-диагностики заключается в том, что на основании изменения голосовых биомаркеров делается вывод о заболевании пациента. Голосовые биомаркеры – это определенные параметры голоса человека. Получив их после специальной обработки записи голоса, можно специализирован-

ными программными средствами выполнить анализ и сравнить с полученными ранее данными, которые характерны для различных заболеваний. Этот метод выявляет различные проблемы со здоровьем человека, чей голос был записан и обработан вышеописанным образом.

Наличие баз данных записанных голосовых маркеров пациентов с конкретным заболеванием (БД клинических пациентов для обучения) позволяет использовать технологию Machine Learning (машинное обучение) для нейронных сетей. Обученная нейронная сеть на той или иной базе клинических пациентов позволяют протестировать пациентов, выявить новых заболевших, этим повысить эффективность применения метода анализа голоса для ИТ-диагностики [6].

На основе проведенных исследований выявлено, что изменения в ходе речи и ряде параметров голоса пациента являются показателем определенных заболеваний. В первую очередь это нейродегенеративные и легочные заболевания, сердечно-сосудистые проблемы и психические расстройства. Первичными признаками заболевания являются нарушение артикуляции или проблемы с произнесением гласных. В отдельных случаях такие признаки очевидны, врач может обнаружить и распознать их и поставить диагноз. В других – крайне сложно, если вообще возможно, осуществить без помощи ИТ-технологий. Но использование голосовых биомаркеров, машинное обучение, нейронные сети могут улучшить эту ситуацию.

Что касается самого понятия «биомаркер», то Национальный институт здравоохранения США (NIH) определяет его как «характеристику, которая объективно измеряется и оценивается как показатель нормальных биологических процессов или патогенных». Например, биомаркеры крови являются показателем рассеянного склероза. То же самое верно и в отношении биомаркеров голоса – это подобный показатель ряда заболеваний.

Существуют две основные категории параметров голоса, которые важны для анализа голосовых биомаркеров. В частности, акустическими параметрами являются частота, амплитуда, тон и высота голоса. Существуют также просодические параметры – длина произносимых гласных, темп речи, продолжительность пауз. Также можно использовать и лингвистические параметры.

Процесс извлечения и идентификации голосовых биомаркеров состоит из нескольких этапов. Во-первых, нужно выбрать тип записи в самом начале процесса. Это может быть вербальная, гласно-слоговая или невербальная вокализация. Во-вторых, необходимо собрать аудиоданные – для этого пациентов просят прочитать текст, рассказать что-то о себе, произнести несколько гласных или просто покашлять.

Аудиоданные записываются на телефон (смартфон) или при личном контакте с врачом на специальное устройство, затем выполняется их анализ. Специализированное программное обеспечение выполняет предварительную обработку звука, которая включает в себя передискретизацию, шумоподавление, кадрирование и т. д.

Следующим шагом является определение характеристик звука, которые используются для обучения нейронной сети. Чем больше БД клинических пациентов, тем точнее обучение и эффективнее использование для ИТ-диагностики пациентов. Для разных заболеваний свои особенности изменения голоса. Например, проблемы с гласными звуками характерны для болезни Паркинсона, а спонтанная речь – это уже признаки болезни Альцгеймера и/или признаки других расстройств. В 2020 году ученые из разных стран активно начали изучали возможность выявления и мониторинга заболевания COVID-19 по анализу изменения параметров голоса.

Голосовые биомаркеры – это одна из возможностей выполнять такую работу эффективно и без посещения врача. Аудиозаписи голоса и/или кашля пациента достаточно, чтобы система обнаружила / не обнаружила то или иное заболевание. Исследователи создают базы данных человеческих голосов, которые будут использоваться при разработке основанных на искусственном интеллекте инструментов для диагностики заболеваний – от болезни Альцгеймера до рака [7].

Исследовательская группа создает приложение, которое будет собирать голосовые данные участников с такими заболеваниями, как паралич голосовых связок, болезнь Альцгеймера, болезнь Паркинсона, депрессия, пневмония и аутизм. Другие заболевания будут включены в базу данных в ходе исследования. Некоторые врачи утверждают, что они могут обнаружить метастазы в мозгу пациента по изменениям голоса людей. Считается, что у человека с болезнью Паркинсона может быть более низкий голос и более медленная манера говорить.

Для такой ИТ-диагностики пациентам нужно произносить звуки, читать предложения и тексты, выполнять определенные тесты, используя смартфон приложения. Голос человека можно идентифицировать, даже если удалить его имя.

Компания Amazon имеет патенты на использование системы Alexa для выявления эмоциональных проблем людей (депрессия) или физических проблем (боль в горле). Теоретически, если звуки голоса указывают на признаки болезни Альцгеймера, голосовой помощник в доме может отметить это как начало заболевания и рекомендовать дальнейшие исследования [7].

Автор статьи вместе с учениками участвовал в разработке технологии диагностики кашля по голосу. Система распознавания на основе сверточной нейронной сети была разработана для обнаружения присутствия кашля из аудиоданных. С использованием БД заболевших пациентов и библиотеки Python была обучена нейронная сеть, затем она была протестирована на группе волонтеров. Код Python был разработан для проверки индекса первых трех самых высоких процентов обнаружения, следовательно, если индекс равен индексу категории кашля, то кашель существует, в противном случае нет [8].

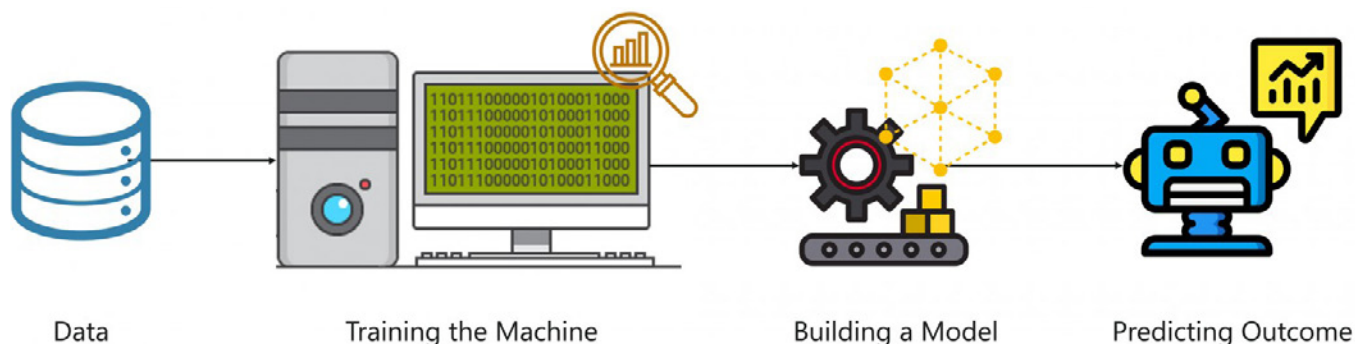
## **ДИАГНОСТИКА НА ОСНОВЕ ДАННЫХ УМНЫХ ЧАСОВ**

Ученые Южно-Уральского государственного университета совместно с коллегами из Испании, Франции и Египта разработали модель для более эффективной диагностики сердечно-сосудистых заболеваний и диабета с использованием искусственного интеллекта и технологий «интернета вещей». По мнению ученых, наиболее распространенные гаджеты (умные часы, смартфоны) будут собирать данные, на основе которых выполняется ИТ-диагностика [9].

Представленная модель включает в себя различные этапы: сбор данных, предварительную обработку, классификацию и настройку параметров. Устройства сети «интернета вещей», датчики позволяют автоматически собирать данные, записывать их в БД сервера, обрабатывать и принимать решения о наличии или отсутствии заболеваний. Также, основываясь на этой обработанной информации, можно определить, насколько правилен образ жизни пациента с тем или иным заболеванием.

Эффективность данной модели была подтверждена с использованием полученных медицинских данных. В ходе экспериментов представленная модель достигла максимальной точности 96,16 % и 97,26 % в диагностике заболеваний сердца и диабета соответственно. Таким образом, предложенная модель может быть использована в качестве подходящего инструмента диагностики заболеваний с использованием интеллектуальной подсистемы здравоохранения.

Искусственный интеллект в IoT. Идея применения методов искусственного интеллекта в медицине возникла в 1972 году, когда была запущена экспертная система MYCIN Стэнфордского университета для анализа крови. Это был прототип программы искусственного интеллекта, используемой для изучения проблемы заражения крови. В 1980-х годах Стэнфордский университет продолжил свою работу в этой области в рамках проекта «Медицинский экспериментальный компьютер искусственный интеллект в медицине» (SUMEX-AIM) [10].



Структура системы искусственного интеллекта для ИТ-диагностики

Программы данной системы могут эффективно интерпретировать данные визуализации, выявляя закономерности и аномалии в здоровье пациента, базируясь на сборе данных, построении модели, машинном обучении и выдаче диагноза (см. рисунок).

Один из вариантов использования данной системы ИТ-диагностики: помощник рентгенолога, занимающийся выявлением и локализацией подозрительных образований на коже, поражений, опухолей, внутренних кровоизлияний, образований на головном мозге и т. д., собирает данные. Система ИТ-диагностики обрабатывает эти данные, анализирует и выдает варианты решения с той или иной вероятностью, заключение о заболевании появляется через несколько секунд после обработки информации. Система может улучшить навыки диагностики начинающего специалиста, помогая ему разбираться сначала в простых, а потом в сложных ситуациях. Используются также медицинские экспертные системы, в базе знаний которых хранится опыт диагностики ведущих врачей в виде набора правил. Применение таких систем позволяет сокращать количество ложных диагнозов и повышает продолжительность жизни за счет ранней диагностики.

Выявление редких или трудно диагностируемых заболеваний часто зависит от опыта врача, а также от степени заболевания. Пока язва не выйдет наружу, ее можно не распознать. Обучая нейронную сеть на больших наборах данных, содержащих необработанные изображения и множество форм патологий, связанных с определенными заболеваниями, можно улучшить качество диагностики и количество обнаруженных заболеваний. Такая идея реализована в стартапе AIDOC [10].

MPT и другие современные системы визуализации, используемые для раннего выявления рака, работают также с системами машинного обучения. Соответствующие алгоритмы помогают проводить расширенный анализ изображений, например, вы-

полняют сегментацию предстательной железы или объединяют выполняются обработки несколько различных изображений (например, УЗИ, КТ и МРТ), чтобы получить более точный ИТ анализ пациента.

Структура диагностики IoMT. В программе разработки системы «Умный город» наряду с подсистемами транспорта, энергетики, ЖКХ имеется подсистема ИТ-медицины (IoMT). В структуре IoMT ИТ-анализа, предложенной автором для ИТ-диагностики, данные пациентов будут собираться со смартфонов пациентов или с интеллектуальных гаджетов: фотографии радужной оболочки глаза, результаты голосовых тестов, параметры с гаджетов (частота пульса, кровяное давление, температура тела и т. д.). Собранные данные передаются на IoT-платформу (сервер IoMT) для записи в базы данных. Затем следует выполнение предварительного анализа, запуск подсистемы поддержки принятия решений о состоянии здоровья пациентов, выдача результатов на смартфон через специальные приложения (первичные для пациента, детальные для врача). Сервер будет включать программную или аппаратную поддержку работы глубоких нейронных сетей, обучаемые на наборах данных пациентов с определенными заболеваниями (по радужной оболочке глаза, голосовым маркерам и т. д.). Результаты анализа будут отправляться на смартфоны лечащих врачей, если обнаружены отклонения показателей от нормальных.

Заключение. Дается понятие и описаны преимущества использования технологий IoMT, а также отдельные направления развития IoMT в Российской Федерации. Для разработки диагностических IoMT был проведен анализ трех направлений анализа: по радужной оболочке глаз, изменениям голосовых характеристик, показателям умных гаджетов. Обсуждены использование технологий искусственного интеллекта и машинного обучения для диагностики пациентов. Рассмотрена авторская структура сети диагностики пациентов для IoMT.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Аксенова, Е. И., Горбатов, С. Ю. Интернет медицинских вещей (IoMT): новые возможности для здравоохранения / Е. И. Аксенова, С. Ю. Горбатов. – М.: ГБУ «НИИОЗММ ДЗМ», 2021. – 36 с.
2. Deloitte. Medtech and the Internet of Medical Things. How connected medical devices are transforming health care. – [Electronic resource]. – Access mode: <https://www2.deloitte.com/global/en/pages/life-sciencesand-healthcare/articles/medtech-internet-of-medical-things.html>. – Access date: 19.10.22.
3. Embitel. IoT in Healthcare – Connected Devices, Telemedicine and Remote Monitoring. – [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.embitel.com/blog/embedded-blog/iot-in-health-care-connected-devices-tele-medicine-and-remote-monitoring>. Access date: 18.10.22.
4. Иридодиагностика. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mgkl.ru/patient/stati/iridodiagnostika>. – Дата доступа: 15.10.2022.
5. Что скажет о вашем здоровье цвет глаз. Что такое иридодиагностика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://meduniver.com/Medical/ophtalmologia/cvet\\_glaz\\_iridodiagnostika.html](https://meduniver.com/Medical/ophtalmologia/cvet_glaz_iridodiagnostika.html). – Дата доступа: 15.10.2022.
6. ИИ учится определять проблемы со здоровьем человека по звуку его голоса. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/neuronet/blog/589059/>. Дата доступа: 08.10.22.
7. Цифровое здравоохранение: ваш голос расскажет, чем вы больны [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://neg.by/novosti/otkrytj/tsifrovoe-zdravookhranenie-vash-golos-rasskazhet-chem-vy-bolny/>. – Дата доступа: 10.10.22.
8. Visniakou U. A. Structure and elements of the internet of things network for sound control / U. A. Vishniakou, B. H. Shaya // Modern means of communication: materials of the 27th International Scientific Conference, Minsk, October 27–28. 2022: / BGAS; editorial board: A. O. Zenevich [et al.]. – Minsk: RIVSH, 2022.
9. Обычные гаджеты – инструмент диагностики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kommersant.ru/doc/4919276>. – Дата доступа: 10.10.22.
10. ИИ и машинное обучение в медицине [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/cloud4y/blog/506288/>. – Дата доступа: 10.10.22.

Internet of Medical Things (IoT) technologies increase the productivity and effectiveness of healthcare organizations by optimizing clinical, information and operational processes. The advantages of using IT technologies in healthcare of the Russian Federation are given. For the development of domestic IoMT IT diagnostics, an analysis was carried out in three directions: diagnostics by the iris of the eyes, changes in voice characteristics, indicators of smart watches. The use of artificial intelligence and machine learning technologies for diagnostics is considered. The author's structure of the IoMT network of IT diagnostics of patients is discussed.

Keywords: IoMT networks, patient diagnostics, iridodiagnosics, voice markers, smart gadgets.

Получено: 18.11.2023.