

## РАЗРАБОТКА ГИБРИДНОЙ ОБЛАЧНО-МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ ТЕЛЕМЕДИЦИНСКИХ КОНСУЛЬТАЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРИОРИТИЗАЦИИ ПАЦИЕНТОВ

*Багандов М.З., Ирзаев Г.Х.*

*Дагестанский государственный технический университет, Махачкала,  
Россия*

**Ключевые слова:** телемедицина, машинное обучение, приоритизация пациентов, облачные вычисления, мобильная платформа, кибербезопасность, веб-RTC, Scrum, XGBoost.

**Аннотация.** Предложено решение проблемы неэффективного управления потоками пациентов в существующих телемедицинских системах. Разработана архитектура гибридной облачно-мобильной платформы, интегрирующей алгоритм машинного обучения для интеллектуальной приоритизации консультаций. Описаны вопросы обеспечения кибербезопасности и ключевые компоненты системы: бэкэнд на Python/FastAPI, кроссплатформенное мобильное приложение на Flutter, облачная инфраструктура и модель бинарной классификации. Решения позволяют сократить время ожидания пациентов из групп риска и оптимизировать нагрузку врачей.

## DEVELOPING A HYBRID CLOUD-MOBILE PLATFORM FOR TELEMEDICINE CONSULTATIONS USING MACHINE LEARNING FOR PATIENT PRIORITIZATION

*Bagandov M.Z., Irzaev G.Kh.*

*Daghestan State Technical University, Makhachkala, Russia*

**Keywords:** telemedicine, machine learning, patient prioritization, cloud computing, mobile platform, cybersecurity, web-RTC, Scrum, XGBoost.

**Abstract.** A solution to the problem of inefficient patient flow management in existing telemedicine systems is proposed. The architecture of a hybrid cloud-mobile platform integrating a machine learning algorithm for intelligent consultation prioritization is developed. Cybersecurity issues and key system components are described: a Python/FastAPI backend, a cross-platform mobile app powered by Flutter, cloud infrastructure, and a binary classification model. These solutions reduce wait times for at-risk patients and optimize physician workloads.

**Введение.** Цифровая трансформация здравоохранения, массовое внедрение телемедицинских сервисов сталкивается с системными проблемами. Существующие платформы систем видеосвязи не адаптированы под специфические медицинские нужды, содержат сложные и дорогие корпоративные решения. Это создает разрыв между функциональностью, доступностью и безопасностью этих систем.

Цель данной работы – предложить архитектуру и методологию разработки гибридной облачно-мобильной платформы, предназначенной для медицинских организаций, которая обеспечивает базовый функционал видеоконсультаций и интегрирует алгоритм машинного обучения Machine Learning (ML) для интеллектуальной приоритизации запросов пациентов. Это

позволит оптимизировать рабочую нагрузку врачей и сократить время ожидания пациентов, находящихся в группе риска.

**Анализ источников и постановка задач.** Современным исследованиям и решениям в области телемедицины и программной инженерии присущи следующие тенденции:

- большинство современных платформ Zoom for Healthcare, Doxy.me и др. используют облачную инфраструктуру (AWS, Google Cloud или Azure) для обеспечения масштабируемости и надежности [1]. Мобильные приложения выступают как клиенты, предоставляя пациентам и врачам доступ к сервису по стандарту WebRTC для видеосвязи [2];

- ML активно применяется для диагностики по снимкам КТ и МРТ, прогнозирования заболеваний. Однако ML редко используется для оптимизации административно-логистических процессов в телемедицине [3]. Системы записи используют простые правила, например, «очередь по времени», но не учитывают клиническую картину;

- ключевым требованием является соответствие стандартам защиты персональных и медицинских данных (например, HIPAA, GDPR) [4], что вынуждает реализовать сквозное шифрование, безопасное хранение данных и строгую аутентификации пользователей [5].

Отсутствуют готовые, доступные решения, которые бы органично сочетали в себе стабильную платформу для видеоконсультаций, встроенный интеллектуальный модуль для сортировки пациентов и соответствовали бы требованиям безопасности. Научная новизна исследования заключается в синтезе проверенных облачных технологий и кастомного ML-алгоритма для решения конкретной проблемы телемедицины – управления очередностью консультаций на основе прогнозируемой срочности случая.

**Разработка архитектуры гибридной облачно-мобильной платформы телемедицинских консультаций.** Для решения поставленной проблемы была применена гибкая методология Scrum для итеративной разработки и быстрого получения обратной связи, а также реализация ML-модели в виде классического конвейера для сбора и разметки синтезированных данных, feature engineering, обучения модели, валидации и интеграции в облачный сервис через API.

Использовался Python (фреймворк FastAPI) для создания серверной логики и ML-сервисов. Развертывание осуществлялось на Google Cloud Platform или Amazon Web Services через сервисы Cloud Functions/Fargate (для ML-модели), Cloud SQL/PostgreSQL (для хранения структурированных данных пациентов и записей), Cloud Storage (для медиафайлов). Фронтенд (мобильное приложение) реализован в виде кроссплатформенной разработки на Flutter для создания интуитивного интерфейса для пациентов и врачей. Кибербезопасности уделено внимание в виде сквозного шифрования видеопотоков (WebRTC) и данных в БД и при передаче (HTTPS/TLS). Аутентификация выполнена через OAuth 2.0/JWT-токены.

Предложена архитектура гибридной облачно-мобильной платформы для телемедицинских экспертиз, блок-схема которой показана на рисунке 1.

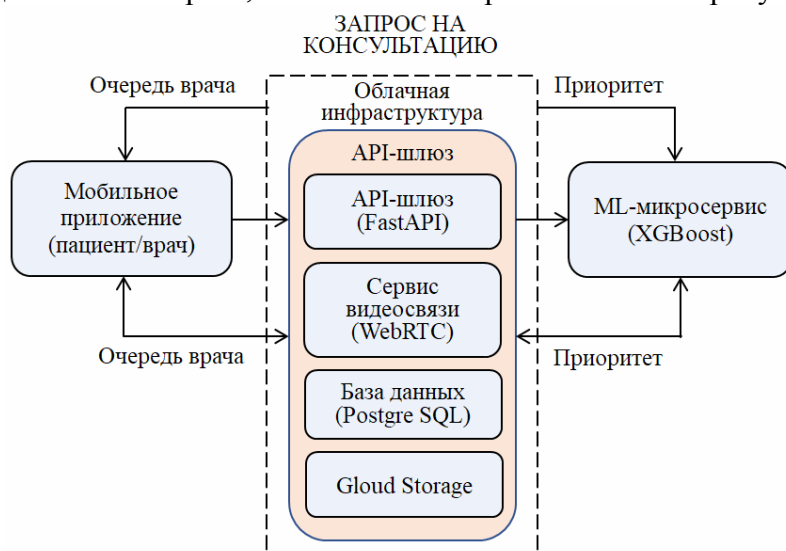


Рис. 1. Архитектура гибридной облачно-мобильной платформы

Масштабируемая и отказоустойчивая система построена по микросервисной архитектуре. Ядро системы – это API-шлюз на FastAPI, координирующий взаимодействие между мобильным клиентом, сервисом видеосвязи (WebRTC), базой данных (PostgreSQL) и ML-микросервисом.

Для проверки концепции обучена и протестирована ML-модель бинарной классификации на основе алгоритма XGBoost. В качестве тренировочных данных использовался синтезированный датасет, имитирующий анкеты пациентов. Модель продемонстрировала высокую точность (более 92% на тесте) в присвоении метки «высокий приоритет» случаям, имитирующим острые состояния пациента (высокая температура в сочетании с болью в груди и наличием гипертонии в анамнезе).

Эффективность системы оценивалась путем имитационного моделирования и сравнения среднего времени ожидания консультации для пациентов с острыми состояниями до и после внедрения алгоритма. Это время для приоритетных пациентов в системе с ML снизилось на 67% по сравнению с традиционной очередью.

**Заключение.** Полученные результаты показывают, что интеграция даже простой ML-модели в телемедицинскую платформу может улучшить маршрутизацию пациентов. Предложенная в статье модель решает ключевую проблему телемедицины – неэффективное управление очередностью консультаций. Разработанное решение является готовым техническим проектом для внедрения в медицинских организациях.

Возможным ограничением являются случаи, которые модель может не распознать из-за неполноты данных, для устранения этого в интерфейс пациента заложена система подсказок для точного описания симптомов. В

перспективе возможно использование более сложных моделей (нейронных сетей) и подключение данных с носимых устройств (IoMT).

### Список литературы

1. Culmer N., Smith T.B., Stager C., Wright A., Fickel A., Tan J., Clark C., Meyer H., Grimm K. Asynchronous telemedicine: a systematic literature review // Telemedicine Reports. 2023, vol. 4, No.1, pp. 366-386.
2. Иванов Д.С., Сидоров К.В. Технологии веб-реального времени (WebRTC) в телемедицине: обзор и практическое применение // Программная инженерия. – 2022. – № 3. – С. 28-35.
3. Кузнецова Е.В., Смирнов П.А. Применение методов машинного обучения для оптимизации логистики в медицинских информационных системах // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2023. – № 1. – С. 60-72.
4. Kruse C.S., Smith B., Vanderlinden H., Nealand A. Security Techniques for the Electronic Health Records // Journal of Medical Systems. 2017, vol. 41, no. 8, p. 127.
5. Лебедев И.А. Аспекты информационной безопасности в телемедицинских системах: соответствие требованиям ФЗ-152 // Вопросы кибербезопасности. – 2020. – № 4(45). – С. 22-29.

### References

1. Culmer N., Smith T.B., Stager C., Wright A., Fickel A., Tan J., Clark C., Meyer H., Grimm K. Asynchronous telemedicine: a systematic literature review // Telemedicine Reports. 2023, vol. 4, No.1, pp. 366-386.
2. Ivanov D.S., Sidorov K.V. Web Real-Time Communication (WebRTC) Technologies in Telemedicine: A Review and Practical Application // Software Engineering. 2022, no. 3, pp. 28-35.
3. Kuznetsova E.V., Smirnov P.A. Application of Machine Learning Methods to Optimize Logistics in Medical Information Systems // Artificial Intelligence and Decision Making. 2023, no. 1, pp. 60-72.
4. Kruse C.S., Smith B., Vanderlinden H., Nealand A. Security Techniques for the Electronic Health Records // Journal of Medical Systems. 2017, vol. 41, no. 8, p. 127.
5. Lebedev I.A. Aspects of Information Security in Telemedicine Systems: Compliance with the Requirements of Federal Law No. 152 // Cybersecurity Issues. 2020, no. 4(45), pp. 22-29.

|                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Багандов Магомедрасул Запирович</b> – магистрант                                                                             | <b>Bagandov Magomedrasul Zapirovich</b> – master's student                                                                                                     |
| <b>Ирзаев Гамид Хайбулаевич</b> – кандидат технических наук, доцент кафедры информационной безопасности и программной инженерии | <b>Irzaev Gamid Khaibulaevich</b> – candidate of technical sciences and associate professor of the Department of information security and software engineering |
| bagandovmr4g@gmail.com                                                                                                          |                                                                                                                                                                |

*Received 26.11.2025*