

Система цифрового машинного распознавания, извлечения и структурирования медицинских данных с формированием облачной электронной медицинской карты

Комков А. А.^{1,2}, Мазаев В. П.¹, Рязанова С. В.¹, Кобак А. А.³

¹ФГБУ "Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины" Минздрава России. Москва; ²ГБУЗ "ГКБ № 67 им. Л. А. Ворохобова ДЗМ". Москва; ³ООО "Кобак Лаб". Санкт-Петербург, Россия

Применение доступных систем для получения структурированных данных из первичной медицинской информации основывается на использовании различных технологий, в т.ч. на основе цифрового машинного преобразования первичных данных для формирования электронных медицинских карт. Цель работы — изложить структуру и пользу от применения медицинской информационной системы (МИС) RuPatient, созданной для автоматизации работы с медицинскими данными, цифрового машинного распознавания и построения алгоритма общения с пациентами. Созданная МИС RuPatient автоматизирует обработку медицинских документов с использованием оцифровки изображений и оптического распознавания символов и формированием базы данных. Разработанный программный код, объединяющий модули в единый веб-сервис, имеет регистрацию в виде интеллектуальной собственности. Веб-сервис представляет собой клиент-серверное приложение с возможностью доступа к интерфейсу через браузер со смартфона, планшета, ноутбука, персонального компьютера. Сервис содержит интерфейсную часть (Frontend), функциональную часть, с возможностью расширения отдельными модулями (Backend), и базы данных для хранения сведений о пациентах с регистрацией контактов. Разработанный сервис обеспечивает стандартизацию и цифровизацию документов при посещении пациентом врача (личный осмотр) и представляет собой инструмент для удобного дистанционного общения пациента с врачом через встроенный чат. Медицинская информационная система RuPatient

служит удобным инструментом для стандартизации медицинской информации в электронном формате и предназначена для помощи врачу и пациенту в организации лечебного и профилактического взаимодействия.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, обработка данных, автоматизация, здравоохранение, медицина, RuPatient, медицинская информационная система, оптическое распознавание текста, облачная электронная медицинская карта.

Отношения и деятельность. Источник финансирования — федеральный бюджет (госзадание АААА-А20-120013090084-6).

Поступила 15/11-2022

Рецензия получена 18/11-2022

Принята к публикации 18/11-2022



Для цитирования: Комков А. А., Мазаев В. П., Рязанова С. В., Кобак А. А. Система цифрового машинного распознавания, извлечения и структурирования медицинских данных с формированием облачной электронной медицинской карты. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2022;21(12):3482. doi:10.15829/1728-8800-2022-3482. EDN SQLMWN

System for digital character recognition, extraction and structuring of medical data with the formation of a cloud-based electronic health records

Komkov A. A.^{1,2}, Mazaev V. P.¹, Ryazanova S. V.¹, Kobak A. A.³

¹National Medical Research Center for Therapy and Preventive Medicine. Moscow; ²L. A. Vorokhobov City Clinical Hospital № 67. Moscow;

³ООО Kobak Lab. Saint-Petersburg, Russia

The use of available systems for obtaining structured data from primary medical information is based on the use of various technologies, including digital transformation of primary data for the formation of electronic health records. The purpose of the work was to outline the structure and benefits of using the RuPatient electronic health record (EHR), created to automate the work with medical data, digital character recognition and building an algorithm for communicating with patients. The created RuPatient EHR automates the processing of medical documents using image digitization and optical character

recognition and the formation of a database. The developed program code that combines modules into a single web service is registered as intellectual property. The web service is a client-server application with the ability to access the interface through a browser from a smartphone, tablet, laptop, and personal computer. The service contains an interface part (Frontend), a functional part, with the possibility of expanding with separate modules (Backend), and databases for storing information about patients. The developed service provides standardization and digitalization of documents of

*Автор, ответственный за переписку (Corresponding author):

e-mail: artemkomkov@gmail.com

[Комков А. А. — к.м.н., с.н.с. лаборатории рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения, врач по РЭВДиЛ, врач-кардиолог, ORCID: 0000-0001-7159-1790, Мазаев В. П. — д.м.н., профессор, руководитель лаборатории рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения, ORCID: 0000-0002-9782-0296, Рязанова С. В. — к.м.н., с.н.с. лаборатории рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения, врач-кардиолог, ORCID: 0000-0001-6776-0694, Кобак А. А. — главный разработчик, ORCID: 0000-0002-9010-4780].

patient-doctor visits and is a tool for convenient remote communication between a patient and a doctor via the built-in chat. The RuPatient EHR serves as a convenient tool for standardizing medical information in digital form and is designed to help the doctor and the patient in organizing treatment and preventive interaction.

Keywords: artificial intelligence, machine learning, data processing, automation, healthcare, medicine, RuPatient, electronic health record, optical character recognition, cloud-based electronic medical record.

Relationships and Activities. The source of funding is the federal budget (state task AAAA20-120013090084-6).

Komkov A. A.* ORCID: 0000-0001-7159-1790, Mazaev V. P. ORCID: 0000-0002-9782-0296, Ryazanova S. V. ORCID: 0000-0001-6776-0694, Kobak A. A. ORCID: 0000-0002-9010-4780.

*Corresponding author:
artemkomkov@gmail.com

Received: 15/11-2022

Revision Received: 18/11-2022

Accepted: 18/11-2022

For citation: Komkov A. A., Mazaev V. P., Ryazanova S. V., Kobak A. A. System for digital character recognition, extraction and structuring of medical data with the formation of a cloud-based electronic health records. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2022;21(12):3482. doi:10.15829/1728-8800-2022-3482. EDN SQLMWN

БД — база данных, МИС — медицинская информационная система, ЭМК — электронная медицинская карта.

Ключевые моменты

Что известно о предмете исследования?

- Медицинская информационная система RuPatient создана для автоматизации работы с медицинскими данными, цифрового машинного распознавания и построения алгоритма общения с пациентами.

Что добавляют результаты исследования?

- Сервис содержит интерфейсную часть (Frontend), функциональную часть, с возможностью расширения отдельными модулями (Backend), и базу данных для хранения сведений о пациентах с регистрацией контактов.
- Frontend-часть доступна через интернет браузер и представлена в виде сайта с веб-страницами.
- После личного посещения пациента общение с врачом возможно продолжить дистанционно при помощи встроенного чата.

Key messages

What is known already about the subject?

- The RuPatient electronic health record was created to automate the work with medical data, digital machine recognition and building an algorithm for communicating with patients.

What might this study add?

- The service contains an interface part (Frontend), a functional part, with the possibility of expanding with separate modules (Backend), and a database for storing information about patients.
- The frontend part is accessible through an Internet browser and is presented as a site with web pages.
- After a personal visit to the patient, communication with the doctor can be continued remotely using the built-in chat.

Введение

Применение доступных систем для получения структурированных данных из первичной медицинской информации основывается на использовании различных технологий, в т.ч. цифрового машинного преобразования первичных данных для формирования электронных медицинских карт (ЭМК).

Цель — изложить структуру и пользу от применения медицинской информационной системы (МИС) RuPatient, созданной для автоматизации работы с медицинскими данными, цифрового машинного распознавания и построением алгоритма общения с пациентами.

Общая характеристика и техническое исполнение сервиса МИС RuPatient

На основе разработанного прототипа МИС RuPatient создан сервис [1], который автоматизирует обработку медицинских документов с использованием оцифровки изображений и оптического

распознавания символов и формированием базы данных (БД). Разработанный программный код, объединяющий модули в единый веб-сервис, зарегистрирован в виде интеллектуальной собственности^{1,2}.

Архитектурное решение сервиса

Веб-сервис представляет собой клиент-серверное приложение с возможностью доступа к интернету через браузер со следующих устройств:

- смартфон,
- планшет,

¹ Комков А. А., Мазаев В. П., Рязанова С. В. и др. Государственная регистрация программы для ЭВМ "Медицинская информационная система RuPatient в формате веб-интерфейса" № 2021664147. Россия; 2021.

² Комков А. А., Мазаев В. П., Рязанова С. В. и др. Государственная регистрация программы для ЭВМ "Медицинская информационная система RuPatient. Система интеллектуальной аналитики текста с бумажного носителя и сегментации по заданным параметрам" № 2021664092. Россия; 2021.

- ноутбук,
- персональный компьютер.

Сервис содержит интерфейсную часть (Frontend), функциональную часть, с возможностью расширения отдельными модулями (Backend), и базу данных (БД) для хранения сведений о пациентах с регистрацией контактов.

Программный код хранится и выполняется на облачном сервере со статичным IP. Пользователи имеют доступ к сервису по персональному логину и паролю.

Общая архитектура сервиса приведена на рисунке 1.

Готовый сервис представляет из себя набор программного обеспечения, состоящего из серверной и клиентской части.

Доступ к сервису предоставляется из браузера, установленного на устройстве клиента. Сервис поддерживает следующие версии браузеров:

- Edge >18;
- Firefox >40;
- Chrome >14;
- Safari >12;
- Opera >40;
- iOS Safari >13;
- Chrome for Android >40.

Серверная часть сервиса реализуется на языке PHP версии 8.1.

В качестве Backend фреймворка используется Symfony версии 6.1.

На сервер устанавливается операционная система Ubuntu версии 18.04.

В качестве менеджера процессов используется PHP-fpm.

В качестве веб-сервера используется NGINX.

В качестве БД используется MySQL версии 5.8.

Backend предоставляет REST API, через которое с ним взаимодействует клиентская часть сервиса. В качестве способа передачи данных используются HTTP запросы, данные передаются в формате JSON.

Клиентская часть сервиса реализуется при помощи фреймворка ReactJS версии 18 и стандарта ECMAScript 9.

Взаимодействие с сервером реализуется при помощи асинхронных запросов к API.

Для сборки клиентской часть веб-сервиса используется WebPack версии 4.4*

Frontend-часть доступна через интернет браузер и представлена в виде сайта с веб-страницами, описанными ниже.

Веб-страницы (интерфейс)

Страница "авторизация"

Данная страница позволяет произвести вход на основе логина и пароля следующим видам пользователей:

- медработник,
- пациент.

После входа для пользователя открывается доступ к остальным страницам веб-сервиса:

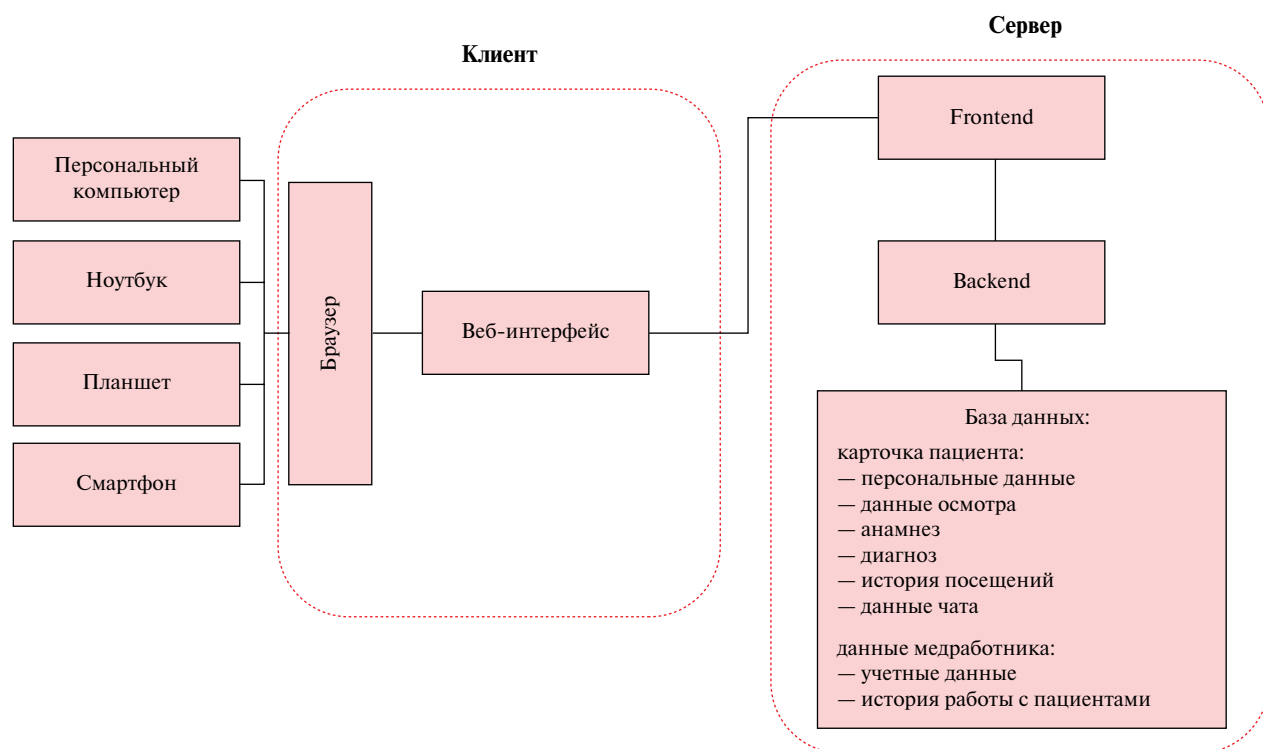


Рис. 1 Архитектура сервиса.

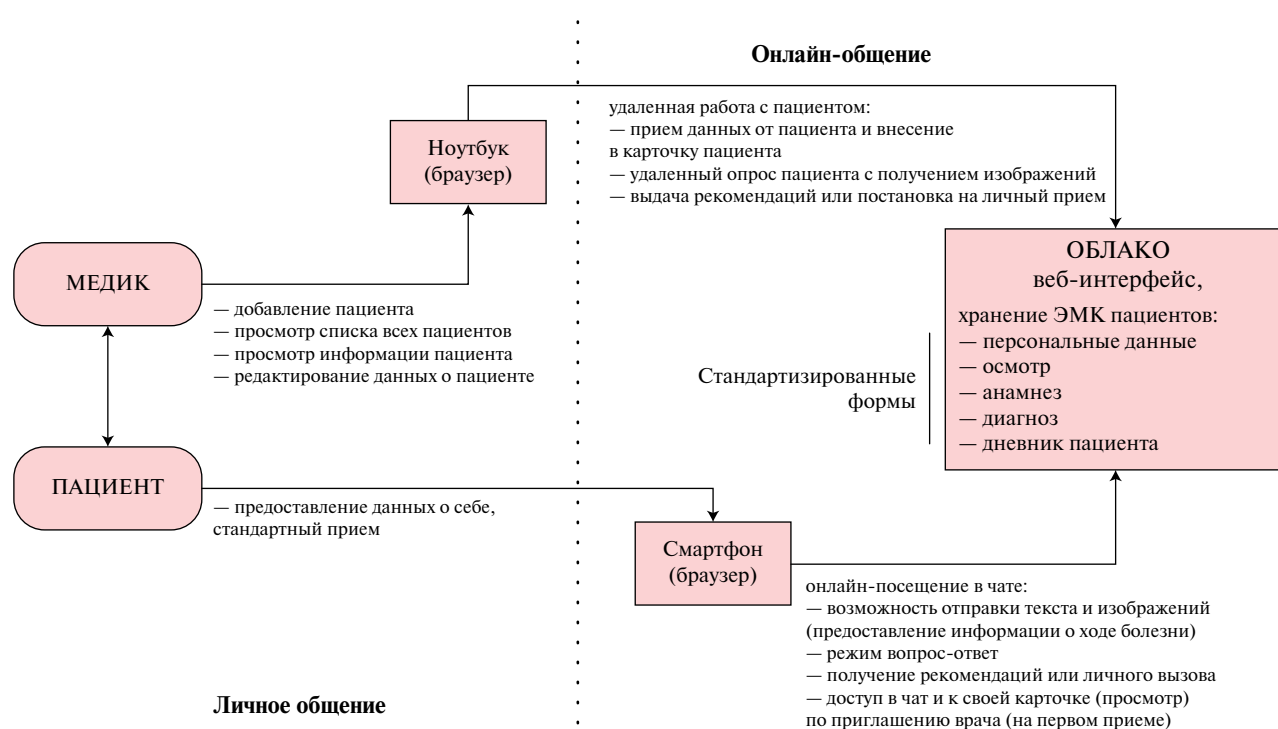


Рис. 2 Функциональная схема сервиса.

Примечание: ЭМК — электронная медицинская карта.

Страница "пациенты"

Данная страница позволяет просмотреть список всех пациентов, найти конкретного пациента по ФИО. Нового пациента можно добавить вручную или используя модуль для распознавания документов для автоматического внесения данных в формы МИС.

Страница "карта пациента"

Страница показывает информацию о пациенте, включая его состояние. В карточке пациента есть возможность посмотреть его данные (ФИО, пол, дата рождения) и текущие показатели (температура тела, пульс, диагноз, анамнез, жалобы и т.д.). На странице также есть возможность просмотреть историю пациента, а также добавить запись в историю болезни пациента (вручную или с помощью интеллектуальной системы распознавания документов). История пациента — таблица, где отражены изменения показателей пациента. Страница включает в себя форму редактирования, которая позволяет изменить данные пациента. Просмотр карточки пациента доступен также самому пациенту.

Форма "осмотр пациента"

Данная форма представляет собой фиксированный набор полей, добавляемых в историю пациента (температура, симптомы и т.д.). Врач заполняет эту форму при осмотре пациента. Данные осмотра добавляются в качестве одной строки таблицы с историей.

Функциональная схема

Сервис позволяет вставить отдельно разработанные модули алгоритмов распознавания документов и автоматического занесения информации в ЭМК пациента.

Общая функциональная схема взаимодействия врача и пациента через сервис приведена на рисунке 2.

Основной функционал

Основной функционал сервиса имеет два направления: автоматизация процессов работы с данными пациента за счет стандартизации и хранение информации в объединенной БД.

Главные функции сервиса следующие:

- авторизация в системе для сотрудников и пациентов;
- добавление пациентов в БД;
- поиск пациентов по заданным параметрам;
- просмотр изменений показателей пациента;
- редактирование БД пациентов и записей в них;
- добавление показателей пациента вручную или через подключаемый модуль;
- заполнение анкеты при осмотре пациента;
- общение пациента с врачом для дистанционного ведения;
- просмотр своей истории пациентом;
- возможность подключения внешних модулей.

Разработанный сервис обеспечивает стандартизацию и цифровизацию документов при посеще-

нии пациентом врача (личный осмотр) и представляет собой инструмент для удобного дистанционного общения пациента с врачом.

Сегментарные возможности общения:

1. Личное общение

При очном приеме у медицинского работника, использующего сервис, МИС имеет следующий функционал:

- доступ к данным пациента или формирование его электронной карты;
- внесение данных о пациенте в стандартизированные формы:
 - персональный осмотр;
 - анамнез;
 - диагноз;
 - жалобы;
 - лабораторно-инструментальные исследования;
 - консультации;
 - назначения;
- автоматическое ведение дневника пациента с историей посещений.

После личного посещения пациента общение с врачом возможно продолжить дистанционно при помощи встроенного чата. Чат, электронная почта и поддержка по телефону являются наиболее распространенными способами поддержки. Данная страница предоставляет интерфейс для общения врача с пациентом. Врач по сообщениям от пациента может вести дистанционное наблюдение или пригласить пациента на прием [2].

2. Чат врача с пациентом

Для работы с системой врач использует ноутбук или персональный компьютер, а пациент может использовать смартфон или планшет.

Функционал врача:

- врач создает чат общения с пациентом после его первоначального личного приема и постановки диагноза;
- прием сообщений и фотографий (при необходимости) от пациента и формирование ответа на них;
- занесение данных в карту пациента;
- постановка на личный прием;
- выдача рекомендаций.

Функционал пациента:

- просмотр своей карточки, диагноза, рецепта и другой необходимой информации;
- работа в режиме вопрос-ответ;
- отправка данных и изображений (при необходимости);
- уведомление о ходе протекания болезни;
- получение рекомендаций;
- получение вызова на очный прием.

Практическое использование системы

Актуальная информация о пациенте — как в виде основных показателей первичного осмотра,

так и извлекаемая из представленных документов — вносится врачами или медсестрами в МИС через интерфейс и формируют историю, сохраняемую в ЭМК в облачном хранилище. В дополнение к прямому общению пациента с медработниками возможно последующее взаимодействие в сервисе через чат. В чате пациент может описать жалобы, симптомы и при необходимости прикрепить фотографии либо ксерокопии документов с необходимой информацией. Врач принимает решение о приеме пациента или о дистанционном наблюдении и имеет возможность добавлять записи в ЭМК. Онлайн-общение позволяет врачу контролировать течение болезни, а пациенту — оперативно получать ответы и рекомендации по лечению дома или принять приглашение на личное посещение медучреждения. Врач может отправлять автоматически настраиваемые текстовые и голосовые сообщения и напоминания своим пациентам или предложить пациентам провести видео-визиты через веб-сайт.

Накопление информации в облачном хранилище носит динамичный характер с пополнением существующих или новых медицинских данных и субъективных замечаний и наблюдений пациентов за состоянием своего здоровья, что может послужить своевременным оповещением о новых, не зарегистрированных ранее, проявлениях болезней.

Обсуждение

Особенность технологичного решения в МИС RuPatient для распознавания символов и блоков медицинских выписок заключается в использовании оптической технологии анализа печатных изображений. Это является ключевым цифровым инструментом МИС в распознавании текстов и последующего структурирования полученных данных.

При сравнении с зарубежными аналогами модель МИС RuPatient имеет значимую практическую направленность и по реальному применению соответствует зарубежным программам и техническим решениям.

Преобразования рутинной первичной медицинской информации в структурированный формат обеспечат формирование новых подходов, основанных на усовершенствовании технологий накопления Больших Данных, основополагающего элемента искусственного интеллекта [3]. Соединение рутинных данных, полученных в т.ч. при автоматическом анализе медицинских документов, с новыми диагностическими возможностями, например, при машинном анализе электрокардиограммы или эхокардиографии [4, 5], позволит значительно повысить показатели эффективности по лечению и профилактике заболеваний. В частности, при оппортунистическом скрининге могут быть достигнуты значимые результаты в выявлении болезней [6]. Это может быть получено при повсеместном использовании системы

и внедрении в нее новых модулей поддержки принятия врачебных решений. МИС можно рассматривать как шаг к созданию нового типа облачной ЭМК с динамическим накоплением и постобработкой данных [7]. Извлечение ретроспективных данных из неструктурированных документов может использоваться для построения прогностических моделей и разработок программ профилактики [8].

В практическом плане сервис позволит ускорить процесс регистрации и ведения пациентов, а также мониторинга их состояния, а медицинские работники смогут рациональнее организовывать время общения и осмотра пациентов.

Заключение

Автоматизация рутинных действий специалистов приведет к перераспределению нагрузки и до-

бавит экономическую и эстетическую выгоду за счет быстрого выполнения интеллектуально обеспеченной работы. Это вписывается в принятую концепцию цифровой трансформации и получения структурированной информации для организации медицинской помощи при неинфекционных, онкологических и заболеваниях, связанных с эпидемическими ситуациями.

МИС RuPatient служит удобным инструментом для стандартизации медицинской информации в электронном формате и направлена на помощь врачу и пациенту для организации лечебного и профилактического взаимодействия.

Отношения и деятельность. Источник финансирования — федеральный бюджет (госзадание АААА-А20-120013090084-6).

Литература/References

1. Komkov AA, Mazaev VP, Ryazanova SV, et al. First study of the RuPatient health information system with optical character recognition of medical records based on machine learning. *Cardiovascular Therapy and Prevention*. 2021;20(8):3080. (In Russ.) Комков А.А., Мазаев В.П., Рязанова С.В. и др. Первое исследование медицинской информационной системы RuPatient по автоматическому распознаванию медицинской документации на основе машинного обучения. *Кардиоваскулярная терапия и профилактика*. 2021;20(8):3080. doi:10.15829/1728-8800-2021-3080.
2. Anderson J, Walsh J, Anderson M, et al. Patient Satisfaction with Remote Consultations in a Primary Care Setting. *Cureus*. 2021;13(9):e17814. doi:10.7759/cureus.17814.
3. Yang YC, Islam SU, Noor A, et al. Influential Usage of Big Data and Artificial Intelligence in Healthcare. *Comput Math Methods Med*. 2021;2021:5812499. doi:10.1155/2021/5812499.
4. Schuurin MJ, Išgum I, Cosyns B, et al. Routine Echocardiography and Artificial Intelligence Solutions. Vol. 8, *Front Cardiovasc Med*. Frontiers Media 2021;8:648877. doi:10.3389/fcvm.2021.648877.
5. Attia ZI, Harmon DM, Behr ER, et al. Application of artificial intelligence to the electrocardiogram. *Eur Heart J*. 2021;42(46):4717-30. doi:10.1093/eurheartj/ehab649.
6. Uittenbogaart SB, Verbiest-van Gurp N, Lucassen WAM, et al. Opportunistic screening versus usual care for detection of atrial fibrillation in primary care: cluster randomised controlled trial. *BMJ*. 2020;370:m3208. doi:10.1136/bmj.m3208.
7. Liu CH, Chen TL, Chang CY, et al. A reliable authentication scheme of personal health records in cloud computing. *Wireless Networks*. 2021. doi:10.1007/s11276-021-02743-7.
8. Seinen TM, Fridgeirsson E, Ioannou S, et al. Use of unstructured text in prognostic clinical prediction models: a systematic review. *J Am Med Inform Assoc*. 2022;29(7):1292-302. doi:10.1093/jamia/ocac058.