



Новые тенденции становления искусственного интеллекта в медицине

С.В. Рязанова¹, В.П. Мазаев¹, А.А. Комков^{1,2}

¹ФГБОУ «Национальный медицинский исследовательский центр терапии и профилактической медицины» Минздрава России, Москва, Россия;

²ГБУЗ «Городская клиническая больница №67 им. Л.А. Ворохобова» Департамента здравоохранения г. Москвы, Москва, Россия

Аннотация

В статье обсуждаются современные аспекты применения искусственного интеллекта (ИИ) в медицине, применение технологий ИИ в России и за рубежом. Дана характеристика ограничений применения ИИ в различных областях медицины, приведено обсуждение возможных путей решения, развития электронных устройств для дистанционного и самостоятельного мониторинга. Представлены проблемы информационной безопасности и этические вопросы применения ИИ с приведением рассуждений экспертов и экспертных организаций в вопросах ИИ, а также перспективы развития и возможные последствия внедрения ИИ. Разъяснены возможности применения ИИ в реальной клинической практике с указанием перспектив для будущего поколения врачей и их пациентов. Приведены примеры систематизации данных для обработки ИИ, что является ключевым фактором достоверности полученных с помощью ИИ прогностических моделей.

Ключевые слова: искусственный интеллект, электронные медицинские системы, компьютерное зрение, дистанционный мониторинг, нейросети

Для цитирования: Рязанова С.В., Мазаев В.П., Комков А.А. Новые тенденции становления искусственного интеллекта в медицине. CardioSomatika. 2021;12(4):227–233. DOI: 10.17816/22217185.2021.4.201264

REVIEW

New trends for artificial intelligence development in medicine

Svetlana V. Ryazanova¹, Vladimir P. Mazaev¹, Artem A. Komkov^{1,2}

¹National Research Center for Therapy and Preventive Medicine, Moscow, Russia;

²Vorokhobov City Clinical Hospital №67, Moscow, Russia

Abstract

The article discusses the modern aspects of the use of artificial intelligence (AI) in medicine, the use of AI technologies in Russia and abroad. The article describes the limitations of the use of AI in various fields of medicine, discusses possible solutions, and develops electronic devices for remote and independent monitoring. The problems of information security and ethical issues of AI application are presented with the arguments of experts and expert organizations in AI issues, as well as the prospects for development and possible consequences of AI implementation. The possibilities of using AI in real clinical practice are explained, indicating the prospects for the future generation of doctors and their patients. Examples of data systematization for AI processing are given, which is a key factor in the reliability of predictive models obtained using AI.

Keywords: artificial intelligence, electronic health records, computer vision, remote monitoring, neural networks

For citation: Ryazanova SV, Mazaev VP, Komkov AA. New trends for artificial intelligence development in medicine. CardioSomatics. 2021;12(4):227–233. DOI: 10.17816/22217185.2021.4.201264

Многие новейшие технологии искусственного интеллекта находят повсеместное применение, часто даже не называясь искусственным интеллектом: как только что-то становится достаточно полезным и распространенным, его перестают называть искусственным интеллектом.

Bostrom N. Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies. Financial Times. 2014.

Введение

Цель исследования – обратить внимание, что именно сейчас в нашей стране идет создание базы больших данных, качество которой зависит от каждого врача, который является участником и создателем. Насколько четко и правильно будет вноситься

материал (электронные карты, истории болезни, результаты обследования), настолько наши выводы и заключения по лечению, диагностике, научным исследованиям будут верны. Именно сегодня идет создание общественного здравоохранения, которое будет рассматриваться как национальное богатство.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения

ИИ – искусственный интеллект

КЗ – компьютерное зрение

КТ – компьютерная томография

Как электричество привело к новой промышленной революции в XIX в., так и информационные технологии воспринимаются сегодня как источник глубокой трансформации общества и экономики в XXI в. [1].

Определение искусственного интеллекта (ИИ) дали в начале 1980-х годов ученые в области теории вычислений Барр и Фенгенбаум: «ИИ – это область информатики, которая занимается разработкой интеллектуальных компьютерных систем, т.е. систем, обладающих возможностями, которые мы традиционно связываем с человеческим разумом, – понимание языка, обучение, способность рассуждать, решать проблемы и т.д.» [1].

Со временем компьютеры стали достаточно мощными, чтобы справиться с комплексными вычислениями ИИ, алгоритмы машинного обучения наращивали точность и скорость, появились облачные технологии и IoT (internet of things – интернет вещей – концепция сети передачи данных между физическими объектами [«вещами»], оснащенными встроенными средствами и технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой) [2], что стало позволять даже небольшим устройствам получать доступ к огромным возможностям ИИ.

В 2017 г. Джефф Безос, CEO Amazon, уже так написал об ИИ: «Современные технологии машинного обучения позволяют нам делать то же самое с задачами, для которых намного сложнее задать четкие правила» [3].

Практики применения ИИ в медицине

Внедрение систем ИИ в медицине – это один из важнейших современных трендов мирового здравоохранения.

Главные вызовы здравоохранения – это рост населения, снижение доступности медицинской помощи, увеличение продолжительности жизни и, как следствие, частоты хронических заболеваний – коморбидности.

В настоящее время происходит переход к стоимостно ориентированным выплатам. Учитывая необходимость таких изменений, медицинские учреждения подвергаются беспрецедентному давлению и вынуждены постоянно оптимизировать затраты и повышать качество услуг. Это диктует необходимость использовать большие данные для анализа производительности, выявления возможностей оптимизации и переосмысления концепции оказания медицинских услуг.

Среди крупных технологических компаний одними из пионеров применения Data Science в медицине стали компании Google (проект в рамках направления Google Health) и IBM, которые создали линейку решений под маркой IBM Watson и сейчас активно используют их в здравоохранении: портфолио IBM Watson Health включает в себя платформы для онкологии, кардиологии, радиологии [4].

30 января 2020 г. Microsoft объявила о запуске 5-летней программы AI for Health, в рамках которой инвестирует 40 млн дол. США в технологии ИИ для сферы здравоохранения в течение 5 лет [5].

В конце января 2020 г. Bayer объявила о сотрудничестве с компанией Exscientia, занимающейся поиском лекарств с помощью ИИ. В рамках этого проекта будут исследоваться соединения, которые потенциально могли бы стать лекарствами для терапии сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний [6].

26 сентября 2018 г. стало известно о начале реализации в России масштабного проекта по созданию национального оператора биомедицинских данных граждан. Им занялась Ассоциация разработчиков и пользователей систем ИИ «Национальная база медицинских знаний» совместно с медицинским сообще-

ством. Цель – создание экосистемы для разработки в сфере ИИ. Как рассказал член объединения Сергей Воинов, создание баз данных по группе наиболее распространенных заболеваний может занять от 3 до 5 лет. Стоимость создания баз по одной группе заболеваний он оценивает в несколько миллиардов рублей [7].

В рамках нацпроекта «Здравоохранение» на внедрение инновационных медицинских технологий выделено 63,9 млрд руб.

С 1 июля 2020 г. в Москве стартовал 5-летний эксперимент по внедрению технологий ИИ. Он установлен Федеральным законом №123-ФЗ от 24.04.2020, который регламентирует условия для разработки и внедрения технологий ИИ, а также возможность последующего использования результатов их применения. Минэкономразвития разработало законопроект, который позволит разработчикам ИИ использовать данные пациентов без их личного согласия.

На Петербургском международном экономическом форуме, который проходил 16 июня 2021 г., отмечено, что возможности для оптимизации нагрузки на систему здравоохранения аналитики видят в цифровой трансформации и интероперабельности медицинских данных [8].

Создание систем ИИ становится серьезным вызовом в профессиональном плане. Врачам и программистам, работающим над этой задачей, придется не просто сотрудничать, а в определенной мере осваивать профессии друг друга. Многие решения создаются в отрыве от понимания рабочего процесса врача, разработчики не имеют медицинского образования, а врачу требуются знания для того, чтобы разметить данные по заранее утвержденным правилам. Но нельзя не видеть, что число интеллектуальных медицинских и парамедицинских сервисов постоянно растет, а услуги врача-человека выглядят менее доступными.

28 августа 2019 г. Национальная база медицинских знаний сообщила, что договорилась с Фондом Международного медицинского кластера об открытии в Сколково совместной лаборатории «Медицинские знания». Статус международного медицинского кластера позволяет, с одной стороны, оперативно тестировать передовые зарубежные решения, а с другой, привлекать к работе лучших отечественных специалистов [9].

Правительство запустило программу «Цифровая экономика», одним из приоритетных направлений которой является цифровизация здравоохранения [10].

Сейчас в рамках диспансеризации за 1 год в Москве выполняется 500 тыс. маммографий и 6,5 млн флюорографий. Аудит рентгенологических исследований показал: погрешности в интерпретации результатов исследования выявлены в 20% случаев [11].

В Москве стартовал масштабный эксперимент по внедрению инновационных технологий компьютерного зрения (КЗ) в лучевую диагностику в медицинских организациях Департамента здравоохранения г. Москвы: оценка результатов визуализации с целью выявления рака легких по рентгенографии грудной клетки и рака молочной железы по маммографии [12].

Планируется, что алгоритмы, которые будут разрабатываться с помощью ИИ, позволят повысить точность постановки диагноза и выявлять заболевания на ранних стадиях, что сделает лечение максимально эффективным и менее затратным. Уже сейчас описываются прецеденты, когда ИИ превосходит врача в точности диагностики. Это случаи, когда для постановки диагноза требуется провести тщательный многогранный анализ медицинских данных [13].

Ограничения

Несмотря на всю перспективность использования технологий ИИ в здравоохранении, их внедрение в реальную клиническую практику происходит очень медленно и осторожно.

Применение ИИ в медицине поднимает целый ряд этических вопросов. С врачебной ошибкой все более или менее ясно: ответственность за нее всегда несет тот, кто принял решение. А если ИИ ошибся – кто виноват? Врач в своей работе использовал ИИ и не заметил неправильность сделанных выводов, а может быть, и не проверял их. В итоге неправильно и несвоевременно поставлен диагноз.

Термин «система поддержки принятых врачебных решений» подчеркивает, что ИИ – дополнение к врачу, а не его замена. Мелкие погрешности «на входе» могут привести к «принципиально разным диагнозам “на выходе”». Опытный врач сможет отличить дефект изображения от какого-либо образования, ИИ так не умеет. Малейшее искажение на снимках, которое может быть вызвано простым движением пациента, сильно ухудшает результаты распознавания изображений [14]. Сложность понимания логики, лежащей в основе выводов, сделанных «черным ящиком», приводит к неуверенности в достигнутых результатах. Заключительное решение всегда должен будет принимать человек.

Одна из главных причин, которая сдерживает развитие ИИ в отечественной медицине, – отсутствие стандартов. Яркий пример приводит Борис Зингерман, гендиректор Ассоциации разработчиков и пользователей ИИ в медицине «Национальная база медицинских знаний» [15]: «Даже если вы обучили нейросеть на каком-то датасете и получили великолепные результаты, у вас нет никакой гарантии, что в соседней медорганизации данные собираются в том же виде. Там может стоять аппарат другой фирмы, применяться другие настройки контрастности и т.д. В результате нейросеть, показывающая хорошие результаты в одной клинике, в другой работать уже не будет. Сегодня мало компаний, которые создают универсальные нейросети, работающие на широком круге оборудования. Но нет гарантий, что их нейросети будут работать на любой аппаратуре».

Для решения этой проблемы необходимо создавать «золотые датасеты», на которых можно будет корректно и справедливо сравнивать конкурирующие сервисы. Московский Центр диагностики и телемедицины активно способствует созданию «золотых датасетов» в направлении маммографии, компьютерной томографии (КТ) легких, флюорографии [16].

Кроме этого, сдерживающими факторами являются: несовершенство законодательной базы, наукоемкость сферы, отношение бизнеса, которому пока не очевидны выгоды от применения ИИ.

Сложность и высокая стоимость разработок сдерживают процессы внедрения ИИ. Медицинский труд в России дешев, а значит, нет экономического обоснования автоматизации функций медсестры и врача. Только 23% управленцев отрасли здравоохранения в регионах России видят перспективу в использовании ИИ. Существует недоверие медицинских экспертов и сообщества в целом [17].

Обеспечение работы ИИ связано с вычислительными мощностями, которых во многих медицинских учреждениях нет. Для построения моделей с высокой точностью необходимым условием является большое количество размеченных данных. Адель Валиуллин, экс-руководитель направления машинного обучения Департамента информационных технологий г. Москвы, считает, что разметка данных – крайне сложный и дорогостоящий процесс, а появление каждого нового датасета – событие [15].

В медицине огромное количество несистематизированных данных. Сведения в карточках пациентов не всегда могут быть достоверными или исчерпывающими. В них могут быть ошибки и неточности, процесс анализа затруднен неразборчивым почерком. Кроме того, медицина – неточная наука. Данные, полученные от различных медицинских школ, могут быть противоречивые. Системы ИИ требуют от врача точного ввода данных.

Электронные медицинские системы

Как известно, в настоящее время идет внедрение единой электронной медицинской карты. Медицинские данные не структурированы, имеет место огромный объем лишней информации. Необходима огромная работа, чтобы привести их в надлежащий порядок. Это диктует необходимость внедрения современных методов сбора, хранения и обработки информации, а также ее обмена в рамках медицинской системы.

Внедрение больших данных в медицинскую практику в западных странах идет ускоренными темпами. Главным технологическим промотором этого процесса является повсеместный переход на электронные медицинские карты.

В России в 2016 г. сформулирован ГОСТ Р 52636–2006, который определяет параметры электронной медицинской карты.

Уже в 2020–2025 гг. Минздрав России в сотрудничестве с Ростехом собирается обеспечить масштабное внедрение Единой государственной системы в здравоохранении, предназначенной, в частности, для «развития системы электронного медицинского документооборота и внедрения единых стандартов информационного обмена в этой сфере» [18]. Внедрение электронных медицинских карт существенно снижает вероятность врачебной ошибки. Если данные в медицинской системе агрегируются системно, построить на таком фундаменте медицину будущего гораздо легче и быстрее. Поэтому очень важна грамотная целенаправленная работа с медицинскими данными.

Благодаря внедрению программного обеспечения формируются инструменты наблюдения, управления и контроля.

Энн Линдсей Билл (Anna-Lindsay Beall), редактор SAS Insights, сообщила о «горькой пилюле для налогоплательщиков США»: 10 лекарственных препаратов, которые наиболее часто прописываются в рамках страховой программы Medicare (МедиКэр), помогают лишь 21% пациентов [19]. Избежать смерти от рака груди удастся лишь 5 из 10 тыс. женщин в возрасте от 50 лет, которые в течение 10 лет ежегодно проходят процедуру маммографии. Мало того, 6 тыс. из них получают ложноположительные результаты.

Доктор медицинских наук Эрик Тополь (Eric Topol) в докладе на виртуальном форуме SAS Health Analytics Virtual Forum признал эти факты как пример обезличенного здравоохранения. «Дело в том, что в современной медицине применяют стандартные методы лечения для всех пациентов». Тополь говорит о возможности оцифровать и количественно измерить практически любой аспект организма человека. По аналогии с Google картами, в которых доступен вид местности со спутника, просмотр пробок на дорогах и виртуальные прогулки по улицам города, сегодня мы можем создать «медицинскую карту Google» человеческого организма, которая будет содержать информацию о его внешних признаках, анатомическом строении (эти данные получают с помощью сканирования), физиологических процессах, ДНК, РНК, биохимических параметрах. Можно провести анализ окружающей среды, социальных и поведенческих характеристик пациентов. Все это будет основой для индивидуального подхода к лечению.

Как известно, в Америке в 2007 и 2008 г. запущены сервисы Google Health и Microsoft Health Vault, что позволяет пользователям сохранять и распоряжаться своими персональными медицинскими данными в режиме онлайн. Пользователи могут собирать информацию у врачей, из больниц и лабораторий и предоставлять ее в другие медицинские организации, обладать копиями результатов всех обследований. Вся информация о пациенте предоставляется ему в электронной форме.

Пациенты, пользующиеся электронными базами данных, используют порталы, поддерживаемые учреждениями здравоохранения. Обычно пациенты могут просматривать свои назначения, результаты лабораторных исследований и диагнозы. В некоторых случаях они могут посылать врачам электронные сообщения или записываться на прием через интернет.

Чем больше поставщиков медуслуг будут приобщаться к этим системам, тем проще пациентам будет предоставлять результаты КТ, рентгеновских обследований и лабораторных анализов другим специалистам. Эта возможность необходима для экстренных пациентов, поскольку врачам очень важно получить достоверную информацию о пациенте и принимаемых им препаратах.

Внедрение электронных медицинских карт существенно снижает вероятность врачебной ошибки. Если данные в медицинской системе агрегируются системно, построить на таком фундаменте персонифицированную медицину будет гораздо легче и быстрее [20].

В России компания GSK Consumer Healthcare в декабре 2019 г. открыла доступ к сервису, который подсказывает онлайн, какому заболеванию могут соответствовать различные проявления на коже, на основании загруженных пользователем фотографий и пройденного тестирования [21].

Борис Зингерман из Ассоциации разработчиков и пользователей ИИ в медицине «Национальная база медицинских знаний» говорит, что 5–10 лет ИИ активно будет закрывать ниши, в которых не хватает квалифицированных врачей. Такие системы возьмут на себя функции первичной сортировки и контроля медицинских изображений (рентгенограммы, томограммы, гистологические, цитологические, геномные исследования). Это позволит сосредоточить внимание врачей-специалистов только на сложных случаях, а опыт лучших врачей будет доступен большому количеству людей [9].

Медицина – это область, где цена ошибки невероятно высока, а участие профессионала высокого уровня не всегда возможно при обсуждении тактики ведения пациента. Поэтому применение ИИ с целью постановки диагноза и выбора лечения принесет огромную пользу.

Дистанционный мониторинг

Анализ всего пула информации, окружающей пациента, ведет к новой персонализированной и превентивной медицине. С целью оценки состояния пациентов можно использовать носимые устройства – фитнес-трекеры и браслеты, специальные мобильные приложения. Основной тренд в компаниях, производящих одежду, сейчас заключается в том, чтобы встраивать разные датчики прямо в одежду (Team Pro Shirt, Polar).

Для правильного лечения, своевременного принятия решений, связанных с ухудшением состояния пациента, важно мониторить его физическое состояние. С этой целью в организм могут внедряться микродатчики. Это могут быть небольшие таблетки вроде Fit Bit или биометрические татуировки, такие как Viva LNK, или RFID – микрочипы, имплантируемые под кожу. Подобные датчики не только в режиме реального времени измеря-

ют все важные параметры здоровья, но и создают полноценную медицинскую карту в облаке, которую может использовать лечащий врач.

Проекты вроде Qualcomm Tricorder X Prize или Viatom Check Me, измеряющие пульс, температуру тела, насыщение кислородом, систолическое артериальное давление, позволяют отслеживать динамику состояния пациентов на протяжении месяцев. Это дает возможность быстро замечать негативные изменения в состоянии здоровья не только врачом, но и самим пациентом [22].

Сейчас, по мнению Бориса Зингермана, сложились отличные технологические условия для дистанционного мониторинга в домашних условиях. Для этого почти все есть: гаджеты, каналы телекоммуникации, фитнес-браслеты, умные весы, Bluetooth-тонометры – все это в скором времени будет завязано в единую систему мониторинга состояния человека. На основе Real World Evidence врачи будут давать рекомендации по лечению, мы будем понимать, помогает ли то или иное лекарство, считает Владимир Сизых, директор по стратегическому маркетингу сервиса Actenzo [9].

Компьютерное зрение

Пока же технологии ИИ применяются довольно точно, отмечают участники рынка ИИ. «К примеру, в области КЗ в мире насчитывается несколько сотен (200–300) компаний, которые уже вышли из области научных разработок и получили регистрацию на медицинские изделия (на медицинское программное обеспечение)», – говорит Сергей Морозов, доктор медицинских наук, директор ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы». В России таких компаний только 10. Они уже имеют контакт с медицинскими учреждениями. При этом большинство международных компаний явным образом в последнее время стало уходить с рынка прямых продаж больницам на рынок продаж своих сервисов через производителей оборудования.

Что касается российских сервисов на основе ИИ, то они, как правило, не могут взаимодействовать с другими информационными системами, с которыми работают врачи.

В 2019 г. в Москве в рамках эксперимента по созданию ИИ запущена программа по использованию КЗ для анализа медицинских изображений. На это отпущены большие деньги – сначала 143,8 млн руб., потом в связи с приходом пандемии и необходимостью ускоренной разработки системы распознавания COVID-19 сумма выросла до 213,4 млн руб. (постановление Правительства Москвы от 28.04.2020 №466-ПП).

В рамках реализации программы создания ИИ для медицины Центром диагностики и телемедицинских технологий развернута система ЕРИС (Единый радиологический информационный сервис). Сюда стекаются все цифровые изображения из поликлиник Москвы (на конец апреля к ней было подключено диагностическое оборудование 80 учреждений московского здравоохранения). ИИ на сегодняшний день определяет степень поражения легких при коронавирусной пневмонии с точностью до 96% [23]. Время анализа снимков сокращено до 10 с, тогда как на старте обработка данных КТ занимала до 15 мин с учетом сопутствующих действий.

Несмотря на то, что ряд диагностических процедур с использованием ИИ уже одобрен Управлением по контролю пищевых продуктов и лекарств США, пока что неясно, как должна происходить сертификация таких инструментов.

Процедура одобрения подразумевает полную прозрачность: создатели должны представить подробное описание того, как

и почему работает их продукт. Что же касается программного алгоритма, то он представляет собой своеобразный «черный ящик». Мы видим данные на входе и результат их анализа на выходе, но что происходит внутри – от нас скрыто. Это создает определенные сложности для контрольных и надзорных медицинских агентств в выработке правил, по которым будет происходить процедура одобрения. Тот же «черный ящик» может вызывать опасения у пациента.

Информационная безопасность

Сведения многих медицинских информационных ресурсов остаются незащищенными. Исследование Philips «Индекс здоровья будущего – 2019» показало, что главным барьером на пути к внедрению цифровых медицинских технологий является вопрос конфиденциальности [24]. Люди хотят знать, насколько защищена информация, которую они представляют компьютеру для анализа переданной врачу информации.

В связи с конфиденциальностью информации возникает целый ряд серьезных этических вопросов. Нет закона о неразглашении данных без ведома пациента. Существует возможность утечки информации, которую компании могут использовать для маркетинга своей продукции. Необходима разработка законодательства, обеспечивающего пользователям надежную защиту их медицинской информации от утечки и продажи заинтересованным лицам.

29 июня 2021 г. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) представила доклад о перспективах применения ИИ в медицине. Документ «Этика и управление ИИ в интересах здоровья» подготовлен по итогам 2 лет консультаций, проведенных группой международных экспертов, назначенных ВОЗ [25].

Эксперты ООН предупреждают от переоценки преимуществ ИИ для здравоохранения. Существует риск того, что, чрезмерно упова на цифровые решения, чиновники от здравоохранения могут отказаться от инвестиций в развитие системы медицинских учреждений, в особенности всеобщего охвата услугами здравоохранения и медицинское образование.

Предупреждают в ВОЗ и об опасностях, связанных с неэтичным сбором и использованием данных о здоровье пациента, с предубеждениями, закодированными в алгоритмах. Например, нерегулируемое использование ИИ может подчинить права и интересы пациентов и всей медицинской сферы коммерческим целям влиятельных технологических компаний или интересам правительств в сфере наблюдения и социального контроля.

Не стоит забывать и о том, что разработка систем ИИ ведется в основном богатыми странами, а потому и алгоритмы построены на данных, собранных от людей со сравнительно высоким уровнем дохода.

Чтобы ИИ был в помощь, а не во вред, в ВОЗ предлагают соблюдать ряд принципов при разработке и использовании передовых систем в здравоохранении:

1. Контроль за системами здравоохранения должен оставаться в руках человека. Только человек, а не компьютер, может принимать решения, касающиеся здоровья.
2. Неприкосновенность частной жизни и конфиденциальность должны быть защищены, а пациенты должны давать действительное информированное согласие на обработку личной информации и принятия решений с использованием ИИ.
3. Разработчики технологий ИИ должны действовать строго в рамках нормативных требований по безопасности, точности и эффективности использования ИИ в здравоохра-

нении. Должны быть доступны и меры контроля качества применения таких решений.

4. Принципы внедрения ИИ в здравоохранение следует сделать максимально понятными пользователям. Должно быть также ясно, кто несет ответственность за те или иные принятые ИИ решения.
5. ИИ для здравоохранения должен быть разработан таким образом, чтобы не возникало никакой дискриминации, а его использование было справедливым независимо от возраста, пола, расы, этнической принадлежности, сексуальной ориентации, уровня благосостояния или других характеристик, защищаемых кодексами прав человека.
6. Системы ИИ должны легко и адекватно адаптироваться под нужды каждого конкретного региона или сообщества, а также быть разработаны таким образом, чтобы минимизировать их воздействие на окружающую среду и повысить энергоэффективность.
7. И, естественно, все работники здравоохранения должны пройти подготовку с такими цифровыми решениями.

Нерешенные вопросы ИИ

Наши технологические прогнозы – и даже наши легенды – по меньшей мере представляют собой увлекательную картину познания и творчества и показывают, как мы проникаем в разные культуры и эпохи, чтобы понять друг друга и выяснить, что ценно и сакрально для нашего общества. Но, отдавая дань человеческому воображению и изобретательности, крайне важно задумываться о нежелательных последствиях, в том числе о потенциальной опасности ИИ. В 2014 г. физик-теоретик Стивен Хокинг сказал в интервью Би-би-си: «Развитие полноценного искусственного разума может положить конец человеческой расе... Этот разум возьмет инициативу на себя и станет сам себя совершенствовать со все возрастающей скоростью» [26]. Иными словами, существует вероятность, что объекты с ИИ станут настолько разумными и умелыми, что, постоянно улучшая себя, в конце концов создадут некий сверхразум, чрезвычайно опасный для человечества, что может привести к невообразимым изменениям в цивилизации, обществе и жизни людей.

ИИ не может заменить живое человеческое общение. Систему нельзя обучить состраданию и искренней моральной поддержке. Доверительные отношения врача и пациента были и всегда будут залогом наилучшего результата лечения. Однако, как говорит известный блогер доктор Берталан Меско, выступающий под именем Медицинский футурист, «ИИ вряд ли в обозримом будущем заменит врачей, но врачи, использующие ИИ, точно заменят врачей, не использующих ИИ» [27].

Раскрытие информации. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Disclosure. The authors declare that they have no competing interests.

Вклад авторов. Авторы декларируют соответствие своего авторства международным критериям ICMJE. Все авторы в равной степени участвовали в подготовке публикации: разработка концепции статьи, получение и анализ фактических данных, написание и редактирование текста статьи, проверка и утверждение текста статьи.

Authors' contribution. The authors declare the compliance of their authorship according to the international ICMJE

criteria. All authors made a substantial contribution to the conception of the work, acquisition, analysis, interpretation of data for the work, drafting and revising the work, final approval of the version to be published and agree to be accountable for all aspects of the work.

Источник финансирования. Авторы декларируют отсутствие внешнего финансирования для проведения исследования и публикации статьи.

Funding source. The authors declare that there is no external funding for the exploration and analysis work.

Информация об авторах / Information about the authors

✉ **Комков Артем Андреевич** – канд. мед. наук, ст. науч. сотр. лаб. рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения ФГБОУ «НМИЦ терапии и профилактической медицины», врач по рентгенэндоваскулярным методам диагностики и лечению, врач-кардиолог ГБУЗ «ГКБ №67 им. Л.А. Ворохобова». E-mail: artemkomkov@gmail.com; ORCID: 0000-0001-7159-1790

Рязанова Светлана Васильевна – канд. мед. наук, ст. науч. сотр. лаб. рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения ФГБОУ «НМИЦ терапии и профилактической медицины». E-mail: sryazanova@gnicpm.ru; ORCID: 0000-0001-6776-0694

Мазаев Владимир Павлович – д-р мед. наук, проф., рук. лаб. рентгенэндоваскулярных методов диагностики и лечения ФГБОУ «НМИЦ терапии и профилактической медицины». E-mail: vpmazaev@gnicpm.ru; ORCID: 0000-0002-9782-0296

✉ **Artem A. Komkov** – Cand. Sci. (Med.), National Research Center for Therapy and Preventive Medicine, Vorokhobov City Clinical Hospital №67. E-mail: artemkomkov@gmail.com; ORCID: 0000-0001-7159-1790

Svetlana V. Ryazanova – Cand. Sci. (Med.), National Research Center for Therapy and Preventive Medicine. E-mail: sryazanova@gnicpm.ru; ORCID: 0000-0001-6776-0694

Vladimir P. Mazaev – D. Sci. (Med.), Prof., National Research Center for Therapy and Preventive Medicine. E-mail: vpmazaev@gnicpm.ru; ORCID: 0000-0002-9782-0296

Литература/References

1. Искусственный интеллект (ИИ) / Artificial Intelligence (AI) как ключевой фактор цифровизации глобальной экономики. Режим доступа: <https://www.crn.ru/news/detail.php?ID=117544>. Ссылка активна на 18.08.2021 [Artificial Intelligence (AI) as a key factor in the digitalization of the global economy. Available at: <https://www.crn.ru/news/detail.php?ID=117544>. Accessed: 18.08.2021 (in Russian)].
2. Definition of Internet Of Things (IoT) – IT Glossary. Available at: <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/internet-of-things>. Accessed: 17.08.2021.
3. Heath A. Amazon's Jeff Bezos constantly reminds his workers about the biggest enemy: "Irrelevance. Followed by excruciating, painful decline". 2017. Available at: <https://www.businessinsider.com/read-amazon-ceo-jeff-bezos-2016-letter-to-shareholders-2017-4>. Accessed: 19.08.2021.
4. Aggarwal M, Madhukar M. IBM's Watson analytics for health care: A miracle made true. *Cloud Computing Systems and Applications in Healthcare*. 2016;117-34.
5. Microsoft launches new AI for Good program, AI for Health, to accelerate global health initiatives – Microsoft News Center Canada. 2020. Available at: <https://news.microsoft.com/en-ca/2020/01/29/microsoft-launches-new-ai-for-good-program-ai-for-health-to-accelerate-global-health-initiatives/>. Accessed: 19.08.2021.
6. Bayer and Exscientia collaborate to leverage the potential of artificial intelligence in cardiovascular and oncology drug discovery. 2020. Available at: <https://www.exscientia.ai/news-insights/bayer-and-exscientia-collaborate-to-leverage-the-potential-of-ai-in-cardiovascular-and-oncology-discovery>. Accessed: 19.08.2021.
7. В России создается национальный оператор биомедицинских данных. *Медвестник*. 2018. Режим доступа: <https://medvestnik.ru/content/news/V-Rossii-sozdaetsya-nacionalnyi-operator-biomedicinskih-dannyh.html>. Ссылка активна на 19.08.2021 [A national biomedical data operator is being created in Russia. *Medvestnik*. 2018. Available at: <https://medvestnik.ru/content/news/V-Rossii-sozdaetsya-nacionalnyi-operator-biomedicinskih-dannyh.html>. Accessed: 19.08.2021 (in Russian)].
8. Резник И. Здравоохранение подключает искусственный интеллект. Решения на РБК+. 2021. Режим доступа: <https://plus.rbc.ru/news/60b769367a8aa93e70361a37>. Ссылка активна на 19.08.2021. [Reznik I. Healthcare connects artificial intelligence. Solutions on RBC+. 2021. Available at: <https://plus.rbc.ru/news/60b769367a8aa93e70361a37>. Accessed: 19.08.2021 (in Russian)].
9. В Сколково открывается лаборатория искусственного интеллекта для медицины. *Медвестник*. 2019. Режим доступа: <https://medvestnik.ru/content/news/V-Skolkovo-otkryvaetsya-laboratoriya-iskusstvennogo-intellekta-dlya-mediciny.html>. Ссылка активна на 19.08.2021 [Artificial intelligence laboratory for medicine opens in Skolkovo. *Medvestnik*. 2019. Available at: <https://medvestnik.ru/content/news/V-Skolkovo-otkryvaetsya-laboratoriya-iskusstvennogo-intellekta-dlya-mediciny.html>. Accessed: 19.08.2021 (in Russian)].
10. Цифровая экономика РФ. Национальная программа. 2021. Режим доступа: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/858/>. Ссылка активна на 19.08.2021 [Digital economy of the Russian Federation. The National program. 2021. Available at: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/858/>. Accessed: 19.08.2021 (in Russian)].
11. Искусственный интеллект изменит будущее медицины. 2020. Режим доступа: <https://tele-med.ai/press-centr/novosti/iskusstvennyj-intellekt-izmenit-budushee-mediciny>. Ссылка активна на 19.08.2021 [Artificial intelligence will change the future of medicine. 2020. Available at: <https://tele-med.ai/press-centr/novosti/iskusstvennyj-intellekt-izmenit-budushee-mediciny>. Accessed: 19.08.2021 (in Russian)].
12. Самбурский С.Е., Сергунова К.А. Московский эксперимент по компьютерному зрению в лучевой диагностике. *Московская медицина*. 2020;10:32-9 [Sambursky SE, Sergunova KA. Moscow experiment on computer vision in radiation diagnostics. *Moscow Medicine*. 2020;10:32-9 (in Russian)].
13. Поряева Е.П., Евстафьева В.А. Искусственный интеллект в медицине. *Вестник науки и образования*. 2019;6(60):15-8 [Porjaeva EP, Evstafjeva VA. Artificial intelligence in medicine. *Vestnik nauki i obrazovaniia*. 2019;6(60):15-8 (in Russian)].
14. Antun V, Renna F, Poon C, et al. On instabilities of deep learning in image reconstruction and the potential costs of AI. *PNAS*. 2020;117(48):30088-95. DOI:10.1073/pnas.1907377117
15. Медицина будущего: перспективы и роль искусственного интеллекта. 2020. Режим доступа: <https://ict.moscow/news/medtech-iskusstvennyj-intellekt/>. Ссылка активна на 19.08.2021 [Medicine of the future: prospects and role of artificial intelligence. 2020. Available at: <https://ict.moscow/news/medtech-iskusstvennyj-intellekt/>. Accessed: 19.08.2021 (in Russian)].

- <https://ict.moscow/news/medtech-i-iskusstvennyi-intellekt/>. Accessed: 19.08.2021 [in Russian]].
16. Искусственный интеллект в медицине: как ожидания не совпали с реальностью. РБК. 2020. Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/5ef0f9259a7947d3285a473d>. Ссылка активна на 19.08.2021 [Artificial intelligence in medicine: how expectations did not coincide with reality. RBC. 2020. Available at: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/5ef0f9259a7947d3285a473d>. Accessed: 19.08.2021 [in Russian]].
 17. Что думают об искусственном интеллекте руководители Российского здравоохранения. 2019. Режим доступа: <https://webiomed.ai/blog/chto-dumaiut-ob-iskusstvennom-intellekte-rukovoditeli-rossiiskogo-zdravookhraneniia/>. Ссылка активна на 19.08.2021 [What do the leaders of Russian healthcare think about artificial intelligence? 2019. Available at: <https://webiomed.ai/blog/chto-dumaiut-ob-iskusstvennom-intellekte-rukovoditeli-rossiiskogo-zdravookhraneniia/>. Accessed: 19.08.2021 [in Russian]].
 18. Федеральный проект «Создание единого цифрового контура в здравоохранении на основе единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ)». 2019. Режим доступа: <https://minzdrav.gov.ru/poleznye-resursy/natsproektzdravookhranenie/tsifra>. Ссылка активна на 19.08.2021 [Federal project "Creation of a single digital circuit in healthcare on the basis of a unified state information system in the field of healthcare (EGISZ)". 2019. Available at: <https://minzdrav.gov.ru/poleznye-resursy/natsproektzdravookhranenie/tsifra>. Accessed: 19.08.2021 [in Russian]].
 19. Билл Э.-Б. Большие данные в сфере здравоохранения. Режим доступа: https://www.sas.com/ru_ru/insights/articles/big-data/big-data-in-healthcare.html. Ссылка активна на 19.08.2021 [Beall A-L. Big data in healthcare. Available at: https://www.sas.com/ru_ru/insights/articles/big-data/big-data-in-healthcare.html. Accessed: 19.08.2021 [in Russian]].
 20. Ларченко И. Big data на страже здоровья: как и зачем медицинские организации собирают и хранят данные. 2018. Режим доступа: <https://hightech.fm/2018/09/21/bigdata-med>. Ссылка активна на 19.08.2021 [Larchenko I. Big data on the guard of health: how and why medical organizations collect and store data. 2018. Available at: <https://hightech.fm/2018/09/21/bigdata-med>. Accessed: 19.08.2021 [in Russian]].
 21. GSK Consumer Healthcare запустила сервис CheckDerm. 2019. Режим доступа: <http://www.medlinks.ru/article.php?sid=87631>. Ссылка активна на 19.08.2021 [GSK Consumer Healthcare zapustila servis CheckDerm. 2019. Available at: <http://www.medlinks.ru/article.php?sid=87631>. Accessed: 19.08.2021 [in Russian]].
 22. Луценко В. Медицина будущего: какие технологии позволят людям победить старость, болезни и смерть? 2017. Режим доступа: <https://www.forbes.ru/tehnologii/346539-medicina-budushchego-kakie-tehnologii-pozvoljat-lyudyam-pobedit-starost-bolezni-i>. Ссылка активна на 19.08.2021 [Lutsenko V. Medicine of the future: what technologies will allow people to overcome old age, illness and death? 2017. Available at: <https://www.forbes.ru/tehnologii/346539-medicina-budushchego-kakie-tehnologii-pozvoljat-lyudyam-pobedit-starost-bolezni-i>. Accessed: 19.08.2021 [in Russian]].
 23. Компьютерная томография или тест? Чем «поймать» коронавирус. 2020. Режим доступа: <https://vc.ru/flood/122720-kompyuternaya-tomografiya-ili-test-chem-poymat-koronavirus>. Ссылка активна на 19.08.2021 [Computed tomography or test? How to catch the coronavirus. 2020. Available at: <https://vc.ru/flood/122720-kompyuternaya-tomografiya-ili-test-chem-poymat-koronavirus>. Accessed: 19.08.2021 [in Russian]].
 24. Эпоха возможностей. Future Health Index 2020. Режим доступа: <https://www.philips.ru/a-w/about-philips/future-health-index/reports/2020/the-age-of-opportunity.html>. Ссылка активна на 19.08.2021 [The Age of opportunity. Future Health Index 2020. Available at: <https://www.philips.ru/a-w/about-philips/future-health-index/reports/2020/the-age-of-opportunity.html>. Accessed: 19.08.2021 [in Russian]].
 25. Медицина и искусственный интеллект – опасная связь? Режим доступа: <https://news.un.org/ru/story/2021/06/1405512>. Ссылка активна на 19.08.2021 [Is medicine and artificial intelligence a dangerous connection? Available at: <https://news.un.org/ru/story/2021/06/1405512>. Accessed: 19.08.2021 [in Russian]].
 26. Stephen Hawking warns artificial intelligence could end mankind – BBC News. 2014. Available at: <https://www.bbc.com/news/technology-30290540>. Accessed: 19.08.2021.
 27. Artificial Intelligence is the Stethoscope of the 21st Century – The Medical Futurist. 2017. Available at: <https://medicalfuturist.com/ibm-watson-is-the-stethoscope-of-the-21st-century/>. Accessed: 19.08.2021.

Статья поступила в редакцию / The article received: 20.08.2021

Статья принята к печати / The article approved for publication: 24.12.2021

Статья опубликована / Article published: 30.12.2021



OMNIDOCTOR.RU