

Амлаев К. Р., Дахкильгова Х. Т., Мажаров В. Н.

ПРОБЛЕМЫ, СВЯЗАННЫЕ С ВНЕДРЕНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РАБОТУ СИСТЕМЫ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ (ОБЗОР)

ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный медицинский университет» Минздрава России, 355017, г. Ставрополь

Технологии искусственного интеллекта все шире внедряются в современное здравоохранение. Мобильные медицинские приложения позволяют контролировать течение хронических заболеваний и формировать более здоровое поведение пациентов, способствуют уменьшению посещения медицинских организаций и улучшают доступность медицинской помощи для маломобильных категорий граждан. Однако на сегодняшний день существует ряд проблем, ограничивающих внедрение искусственного интеллекта в деятельность служб здоровья. В данной статье обсуждаются проблемы, связанные как с самими компьютерными технологиями, так и с медицинскими исследованиями, их использующими. Описаны этические нюансы широкого применения искусственного интеллекта и предлагаются способы преодоления существующих недостатков компьютерного и мобильного здравоохранения.

Ключевые слова: искусственный интеллект; мобильное здравоохранение; проблемы мобильного здравоохранения.

Для цитирования: Амлаев К. Р., Дахкильгова Х. Т., Мажаров В. Н. Проблемы, связанные с внедрением искусственного интеллекта в работу системы здравоохранения (обзор). Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2024;32(4):798–803. DOI: <http://dx.doi.org/10.32687/0869-866X-2024-32-4-798-803>

Для корреспонденции: Амлаев Карэн Робертович, д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой общественного здоровья и здравоохранения, медицинской профилактики и информатики ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный медицинский университет» Минздрава России; e-mail: kum672002@mail.ru

Amlaev K. R., Dahkilgova Kh. T., Mazharov V. N.

THE PROBLEMS RELATED TO IMPLEMENTATION OF AI INTO HEALTH CARE SYSTEM: A REVIEW

The Federal State Budget Educational Institution of Higher Education “The Stavropol State Medical University”,
355017, Stavropol, Russia

The AI technologies are more and more widely implemented into modern health care. The mobile medical applications permit to monitor course of chronic diseases and form healthier behavior in patients, to reduce number of visits to medical organizations and to improve accessibility of medical care for limited mobile patients. However, actually there are number of problems limiting implementation of AI into functioning of health services. The article discusses problems associated with computer technologies themselves and medical research using them. The ethical nuances of widespread application of AI are described. The modes of overcoming existing disadvantages of computer and mobile health care are proposed.

Keywords: AI; mobile health care; medical care.

For citation: Amlaev K. R., Dahkilgova Kh. T., Mazharov V. N. The problems related to implementation of AI into health care system: A review. *Problemi socialnoi gigieni, zdravookhraneniya i istorii meditsini*. 2024;32(4):798–803 (In Russ.). DOI: <http://dx.doi.org/10.32687/0869-866X-2024-32-4-798-803>

For correspondence: Amlaev K. R., doctor of medical sciences, professor, the Head of the Chair of Public Health and Health Care, Medical Prevention and Informatics of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education “The Stavropol State Medical University”. e-mail: kum672002@mail.ru

Conflict of interests. The authors declare absence of conflict of interests.

Acknowledgment. The study had no sponsor support.

Received 22.12.2023

Accepted 27.03.2024

Использование современных компьютерных технологий для контроля здоровья пациентов с неинфекционными заболеваниями (НИЗ) — важная веха технического прогресса в здравоохранении. Доступ в интернет имеет как минимум 55% населения мира [1], более 5 млрд человек пользуются мобильными телефонами [2] с доступом к тысячам мобильных медицинских приложений [3], дающих возможность контроля здоровья пациентов в домашних условиях. Систематический обзор и метаанализ интернет-вмешательств, направленных на изменение поведения в отношении здоровья с помощью мобильных приложений в группах пациентов с НИЗ, показали значительные улучшения поведения индивидуумов в отношении таких факторов риска, как гиподинамия, неправильное питание и потребление

алкоголя [4]. При этом предложение нескольких способов применения компьютерных технологий (через интернет плюс обмен текстовыми сообщениями) оказало большее влияние на поведение пациентов [4].

Обзоры коммуникационных технологий, используемых для предоставления медицинских услуг и облегчения взаимодействия пациентов и медицинских работников [5], показали, что улучшения в самоконтроле НИЗ не уступают положительным изменениям, вызванным структурированными программами на базе медицинских центров [6]. Аналогичным образом обзоры вмешательств с использованием мобильных текстовых сообщений показали устойчивое изменение поведения в отношении здоровья с помощью простого в использовании, гибко-

Здоровье и общество

го и экономичного цифрового здравоохранения по сравнению с традиционными стационарными вмешательствами [7].

Современная клиническая практика все чаще основывается на учете фенотипических особенностей пациентов при назначении лечения. Персонализированная медицина, ориентированная на превентивные меры и улучшение способов лечения, опирается на генетические, фенотипические, экологические особенности и особенности образа жизни каждого отдельного человека. Рутинное наблюдение и рекомендации для пациентов имеют важное значение в лечении хронических заболеваний. В данном контексте искусственный интеллект (ИИ) может стать полезным компьютерным ассистентом для врачей. Применение ИИ уже показало свою эффективность при лечении нескольких заболеваний. Так, при контроле рациона питания, уровня глюкозы крови и физической активности в случае сахарного диабета также эффективен ИИ. При сердечно-сосудистой патологии ИИ способен диагностировать фибрилляцию предсердий, при легочной патологии может анализировать звуки дыхания пациента и предсказать возникновение и развитие респираторных заболеваний [8]. Важно отметить, что ИИ не заменяет врача и предназначен для использования в сочетании с экспертными знаниями врача с целью улучшения диагностики и принятия решений [9]. Кроме того, ИИ может снизить финансовые и временные затраты на диагностику хронических заболеваний, улучшая при этом качество медицинской помощи [10]. Исследования показали также, что комбинирование ИИ и опыта специалистов ведет к повышению точности диагностики раковых поражений кожи [11]. Алгоритм помогает врачу в сложных случаях, используя все доступные изображения, в то время как врач может с легкостью различить затемненные и размытые изображения, улучшить их качество перед применением алгоритма ИИ и сократить его возможные ошибки.

К позитивным эффектам использования ИИ можно отнести точную дифференциацию пациентов, страдающих от диабета, с теми, кто не имеет данного заболевания [12], прогнозировать микрососудистые осложнения (ретинопатию, нефропатию или невропатию) [13] и оценить важность предикторов диабета [14]. Кроме того, были предложены модели прогнозирования риска диабета, основанные на сочетании клинических знаний и методов ИИ [15].

В персонализированной медицине применяется стандартная рабочая схема использования больших данных и алгоритмов ИИ. Несколько источников данных о пациентах объединяются с общедоступными данными о различных крупных группах населения. Данная информация хранится на серверах с высоким уровнем защиты, чтобы использоваться в различных методах предварительной обработки. Эти методы включают в себя заполнение пропусков, нормализацию данных, сбалансирование и дополнение информации, объединение данных, а также от-

бор и выделение характеристик. Эти предварительно обработанные данные затем используются в качестве входных данных для моделей прогнозирования ИИ и его обучения [16].

Применение ИИ в медицине также сопряжено с рядом проблем: отсутствием критического мышления у ИИ и высокими затратами на сбор данных [17, 18]. Так, в дерматологии применение алгоритмов ИИ использовали, чтобы отличить доброкачественные родинки от злокачественных [19]. Основным объектом внимания в этой области было выявление меланомы, поскольку она часто дает метастазы и, как известно, вызывает более 80% смертей от рака кожи у светлокожих людей [20]. Однако немеланомные виды рака кожи также анализируются с использованием ИИ. Повсеместное распространение мобильных устройств, которые в большинстве случаев имеют встроенную цифровую камеру, дает возможность внедрить теледерматологию в качестве общепринятой практики [21].

Другие варианты использования мобильных приложений для здравоохранения на основе ИИ включают анализ результатов лечения пациентов после операций [22] или решение таких проблем общественного здравоохранения, как ведение пациентов с новой коронавирусной инфекцией [23]. Эти примеры представляют лишь каплю в океане изобилия решений, доступных при использовании мобильных здравоохранительных приложений на базе ИИ. Эти решения способны значительно улучшить состояние глобального здоровья, в особенности для жителей бедных регионов.

Внедрение ИИ в мобильном здравоохранении

Обеспечение конфиденциальности и безопасности данных, создание образовательных программ, понимание принципов работы классификационных процессов и профессиональная оценка в области медицины также являются важными аспектами при использовании ИИ в медицинской практике. Преодоление этих проблем и решение вопросов, связанных с конфиденциальностью и безопасностью данных, позволят более широко применять ИИ в медицине.

Вопросы, связанные с технологией ИИ

- Структура и происхождение данных.
- Большое количество сложных и разнообразных баз данных создает проблему в стандартизации данных, полученных из различных источников, и их последующем объединении.
- Лабораторные результаты часто страдают от неопределенности из-за случайных и систематических ошибок, что влияет на качество данных, поскольку их достоверность и точность могут зависеть от оператора.
- Для эффективного обучения алгоритмов ИИ необходимы большие объемы данных.
- Значительное внимание требуется уделять архитектуре алгоритмов.

- Недостаточная воспроизводимость результатов становится проблемой, поскольку различные процессы обучения могут привести к разным прогнозам в разных клинических условиях.
- Проблемы с переоснащением: модели ИИ могут оказаться неспособными к обобщению для больших и различных групп населения.
- Высокие требования к вычислительной мощности и времени.
- Вариабельность, постоянное дополнение внутри- и межиндивидуальных данных.

Нюансы, связанные с медицинскими исследованиями

- Интеграция различных дисциплин в процессе исследований.
- Обеспечение безопасности и конфиденциальности данных, полученных от разных личностей и необходимых для обучения алгоритмов.
- Разработка образовательной программы, основанной на принципах глубокого обучения.
- Необходимость осознания работы классификационных процессов.
- Профессиональная оценка в области медицины: требуются подтверждение клиническими данными и проверка выявленных закономерностей.

В эпоху активного информационного развития поиск открытых и достоверных данных для обучения ИИ представляет большую сложность. Ресурсозатраты, сопровождающие сбор данных, а также нерешенные вопросы из области этики, в первую очередь вытекающие из необходимости обеспечивать конфиденциальность клинической информации, тормозят развитие алгоритмов ИИ. В случае использования небольших баз данных эти алгоритмы не способны эффективно обобщить результаты на всю популяцию [9], что можно исправить генерацией синтетических данных (моделированием) [27]. Например, для оценки риска развития диабета 2-го типа исследователи использовали моделированные данные в сочетании с алгоритмами ИИ. Путем сопоставления результатов пяти различных исследований они смогли проанализировать согласованность выводов, полученных из модельных данных, с выводами, основанными на реальных данных [28]. Было установлено, что синтетические данные предоставляют серьезное основание для формирования клинических гипотез. Генерация синтетических данных является новой областью, показавшей многообещающие результаты и требующей дополнительного исследования [29].

Несмотря на наличие действующих руководящих принципов и правил, все еще отсутствуют унифицированные методы измерения клинических результатов методов поддержки здоровья через мобильные приложения, а также стратегии для поддержания участия пользователей и изменения их поведения в долгосрочной перспективе. Внедрение ИИ может значительно улучшить персонализацию,

уровень вовлеченности пользователей и помочь выбрать более здоровый образ жизни. Однако перед тем как мобильные приложения на основе ИИ и методы мобильного здравоохранения смогут быть интегрированы в повседневную клиническую практику и удаленное медицинское обслуживание, необходимо решить несколько проблем. Так, сбор и нормализация информации, воспроизводимость и неопределенность результатов работы ИИ, а также сложность вычислений представляют собой технические преграды, требующие дальнейшего исследования. Преодоление этих препятствий будет способствовать широкому применению данной технологии в медицине. Необходимо также решить вопросы безопасности и конфиденциальности пользовательских данных, чтобы создать доверие к использованию мобильных приложений, основанных на ИИ. Применение синтетических данных для тренировки алгоритмов ИИ является перспективным подходом для частичного преодоления данных сложностей.

Другие проблемы, с которыми сталкиваются при использовании ИИ в медицинских приложениях, включают время обработки алгоритма, которое имеет решающее значение для диагностического инструмента, требующего быстрых результатов. Однако о времени обработки информации, равно как и об оборудовании, используемом для проведения экспериментов, сообщается редко [30]. Таким образом, необходимы дальнейшие исследования в области применения ИИ в персонализированной медицине и мобильных приложениях. Кроме того, для повышения эффективности и расширения использования ИИ пациентами и медицинскими работниками необходимо разработать политику управления конфиденциальными данными, основанную на критериях качества, а также установить протоколы стандартизации сбора данных.

Основные этические принципы использования ИИ

Новый доклад ВОЗ «Этика и управление искусственным интеллектом в интересах здравоохранения» за 2021 г. [31] является ресурсом, который подробно исследует эту тему и призывает к обеспечению этичного и ответственного использования технологий ИИ. Целью доклада является создание руководства для обеспечения надежного управления ИИ и его оптимальной интеграции в медицинскую сферу, что является важным шагом в развитии современного здравоохранения. Отчет охватывает важные аспекты, связанные с этикой и рисками применения ИИ в здравоохранении.

Защита автономии. С учетом использования ИИ в медицинской практике, необходимо обеспечивать пациентам право контролировать их данные и решения, связанные со здоровьем. Необходимо разработать механизмы согласования и согласия, которые учитывают особенности использования ИИ в диагностике и лечении.

Содействие благополучию людей, их безопасности и общественным интересам. Необходимо гарантировать, что внедрение ИИ в здравоохранение принесет реальную пользу пациентам и не представляет угрозы их безопасности, учитывать общественные интересы при разработке и внедрении ИИ-решений, чтобы избежать возможных негативных последствий для общества.

Обеспечение прозрачности, объяснимости и разборчивости. Обеспечение прозрачности алгоритмов и принципов работы системы необходимо, чтобы пациенты и медицинские специалисты могли понимать, как ИИ принимает свои решения. Развитие методов объяснения принятых решений способствует повышению уровня доверия и принятия ИИ в медицинской среде.

Повышение ответственности и подотчетности. Предполагается установить ответственные структуры и нормативы для использования ИИ в здравоохранении; содействовать механизмам ответственности в случае возникновения ошибок или проблем при использовании ИИ.

Обеспечение инклюзивности и справедливости. Оно должно гарантировать, что разработка и применение ИИ в здравоохранении учитывает разнообразие пациентов и их потребностей. Требуется избегать дискриминации при обучении алгоритмов на основе данных, чтобы предотвратить возможные неравенства в результате действия ИИ.

Обеспечить эффективное управление и успешную интеграцию ИИ в медицинскую практику с учетом этических норм и минимизации рисков может следующее:

- продвижение адаптивного и устойчивого ИИ;
- эффективное преодоление актуальных вызовов, связанных с интеграцией мобильных приложений в сферу здравоохранения и путей применения ИИ в медицинских системах [9];
- осуществление выработки и внедрения международных программ сертификации для мобильных приложений в области здравоохранения, обеспечивающих стандартизированный и безопасный уровень функциональности;
- продвижение разработки новых моделей и установление глобальных стандартов для обработки данных, направленных на оценку удобства использования и применимости ИИ в медицинской среде;
- формирование единых методологий для измерения степени вовлеченности пользователей и клинических результатов, связанных с изменениями в поведении, вызванными использованием мобильных здравоохранительных приложений;
- разработка инновационных протоколов, нацеленных на систематизацию и стандартизацию процессов сбора и нормализации данных. Использование уникального подхода к объединению разнообразных источников информации с целью снижения степени неопределенности в результатах и расширения обучающей базы

данных, способствующих улучшению обобщенных алгоритмов на основе ИИ;

- анализ и выделение нормативных протоколов и стратегий, основанных на высоких стандартах качества; целью является обеспечение абсолютной конфиденциальности и безопасности пользовательских данных в мобильных приложениях в области здравоохранения, эксплуатация ИИ для повышения воспроизводимости полученных результатов на основе высоких стандартов.

Такие меры не только устраняют текущие препятствия, но и способствуют созданию общепризнанных норм и практик в области медицинского информационного обмена, открывая новые перспективы для внедрения инновационных технологий в здравоохранение.

Заключение

В последние годы возросло использование ИИ и больших массивов данных в медицине. Действительно, использование ИИ в приложениях для мобильного здравоохранения может значительно помочь отдельным лицам и медицинским работникам в профилактике и лечении хронических заболеваний с учетом интересов человека. Тем не менее есть несколько проблем, которые необходимо решать, чтобы создавать высококачественные, удобные и эффективные приложения мобильного здравоохранения. Внедрение приложений ИИ и мобильных технологий в сфере здравоохранения станет возможным только после преодоления основных проблем, связанных с конфиденциальностью и безопасностью личных данных пациентов, качественной оценкой результатов, а также предсказуемостью ИИ. Определять клинические результаты и стимулировать пользователей к изменению поведения в долгосрочной перспективе в рамках мобильного здравоохранения по-прежнему очень сложно. Не существует единых стандартизированных методов измерения эффективности мобильных приложений в области здравоохранения, а также способов поощрения и поддержки вовлеченности пользователей на долгосрочной основе. Тем не менее существуют предпосылки к преодолению этих преград, что в конечном счете приведет к массовому внедрению приложений, основанных на ИИ, в жизнь населения и улучшению его здоровья.

Исследование не имело спонсорской поддержки.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Liu Y., Chen C., Lee C., Lin Y., Chen H., Yeh J., Chiu S. Y. Design and usability evaluation of user-centered and visual-based aids for dietary food measurement on mobile devices in a randomized controlled trial. *J. Biomed Inform.* 2016 Dec; 64:122–30. doi: 10.1016/j.jbi.2016.10.001
2. Liu Y., Wu S., Lin S., Chen C., Lin Y., Chen H. Usability of food size aids in mobile dietary reporting apps for young adults: randomized controlled trial. *JMIR Mhealth Uhealth.* 2020 Apr 29;8(4):e14543. doi: 10.2196/14543
3. Liu Y., Chen C., Lin Y., Chen H., Irianti D., Jen T., Yeh J., Chiu S. Y. Design and usability evaluation of mobile voice-added food report-

- ing for elderly people: randomized controlled trial. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2020 Sep 28;8(9):e20317. doi: 10.2196/20317
4. Mauch C. E., Laws R. A., Prichard I., Maeder A. J., Wycherley T. P., Golley R. K. Commercially available apps to support healthy family meals: user testing of app utility, acceptability, and engagement. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2021 May 07;9(5):e22990. doi: 10.2196/22990
 5. Gordon W. J., Landman A., Zhang H., Bates D. W. Beyond validation: getting health apps into clinical practice. *NPJ Digit Med*. 2020;3:14. doi: 10.1038/s41746-019-0212-z
 6. Kosa S. D., Monize J., D'Souza M., Joshi A., Philip K., Reza S., Samra S., Serrago B., Thabane L., Gafni A., Lok C. E. Nutritional mobile applications for CKD patients: systematic review. *Kidney Int. Rep.* 2019 Mar;4(3):399–407. doi: 10.1016/j.ekir.2018.11.016
 7. Zhou L., Bao J., Setiawan I. M., Saptono A., Parmanto B. The mHealth app usability questionnaire (MAUQ): development and validation study. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2019 Apr 11;7(4):e11500. doi: 10.2196/11500
 8. Johnson K. B., Wei W., Weeraratne D., Frisse M. E., Misulis K., Rhee K., Zhao J., Snowdon J. L. Precision medicine, AI, and the future of personalized health care. *Clin. Transl. Sci.* 2021 Jan 12;14(1):86–93.
 9. Deniz-Garcia A., Fabelo H., Rodriguez-Almeida A. J. Quality, Usability, and Effectiveness of mHealth Apps and the Role of Artificial Intelligence: Current Scenario and Challenges. *J. Med. Internet Res.* 2023;25:e44030. Epub 2023 May 4. doi: 10.2196/44030
 10. Seetharam K., Kagiya N., Sengupta P. P. Application of mobile health, telemedicine and artificial intelligence to echocardiography. *Echo Res. Pract.* 2019 Jun 01;6(2):R41–52. doi: 10.1530/erp-18-0081
 11. Han S. S., Park I., Eun Chang S., Lim W., Kim M. S., Park G. H., Chae J. B., Huh C. H., Na J. Augmented intelligence dermatology: deep neural networks empower medical professionals in diagnosing skin cancer and predicting treatment options for 134 skin disorders. *J. Invest. Dermatol.* 2020 Sep;140(9):1753–61. doi: 10.1016/j.jid.2020.01.019
 12. Basu S., Johnson K. T., Berkowitz S. A. Use of machine learning approaches in clinical epidemiological research of diabetes. *Curr. Diab. Rep.* 2020 Dec 03;20(12):80. doi: 10.1007/s11892-020-01353-5. 10.1007/s11892-020-01353-5
 13. Dagliati A., Marini S., Sacchi L., Cogni G., Teliti M., Tibollo V., De Cata P., Chiovato L., Bellazzi R. Machine learning methods to predict diabetes complications. *J. Diabetes Sci. Technol.* 2018 Mar;12(2):295–302. doi: 10.1177/1932296817706375
 14. Akter L., Al-Islam F. Diabetes mellitus prediction and feature importance score finding using extreme gradient boosting. In: Proceedings of International Conference on Emerging Technologies and Intelligent Systems. Cham: Springer; 2022. P. 643–54.
 15. Li J., Chen Q., Hu X., Yuan P., Cui L., Tu L., Cui J., Huang J., Jiang T., Ma X., Yao X., Zhou C., Lu H., Xu J. Establishment of non-invasive diabetes risk prediction model based on tongue features and machine learning techniques. *Int. J. Med. Inform.* 2021 May;149:104429. doi: 10.1016/j.ijmedinf.2021.104429.S1386-5056(21)00055-1
 16. Bej S., Sarkar J., Biswas S., Mitra P., Chakrabarti P., Wolkenhauer O. Identification and epidemiological characterization of type-2 diabetes sub-population using an unsupervised machine learning approach. *Nutr. Diabetes.* 2022 May 27;12(1):27. doi: 10.1038/s41387-022-00206-2
 17. El-Rashidy N., El-Sappagh S., Islam S. M., M. El-Bakry H., Abdelrazek S. Mobile health in remote patient monitoring for chronic diseases: principles, trends, and challenges. *Diagnostics (Basel)*. 2021 Mar 29;11(4):607. doi: 10.3390/diagnostics11040607
 18. Contreras I., Vehi J. Artificial intelligence for diabetes management and decision support: literature review. *J. Med. Internet Res.* 2018 May 30;20(5):e10775. doi: 10.2196/10775
 19. Goyal M., Knackstedt T., Yan S., Hassanpour S. Artificial intelligence-based image classification methods for diagnosis of skin cancer: challenges and opportunities. *Comput. Biol. Med.* 2020 Dec;127:104065. doi: 10.1016/j.compbiomed.2020.104065
 20. Saginala K., Barsouk A., Aluru J. S., Rawla P., Barsouk A. Epidemiology of melanoma. *Med. Sci. (Basel)*. 2021 Oct 20;9(4):63. doi: 10.3390/medsci9040063
 21. Kho J., Gillespie N., Horsham C., Snoswell C., Vagenas D., Soyser H. P., Janda M. Skin doctor consultations using mobile telemedicine: exploring virtual care business models. *Telem. J. E Health.* 2020 Nov 14;26(11):1406–13. doi: 10.1089/tmj.2019.0228
 22. Knight S. R., Ng N., Tsanas A., Mclean K., Pagliari C., Harrison E. M. Mobile devices and wearable technology for measuring patient outcomes after surgery: a systematic review. *NPJ Digit. Med.* 2021 Nov 12;4(1):157. doi: 10.1038/s41746-021-00525-1
 23. Gunasekeran D. V., Tseng R. M., Tham Y., Wong T. Y. Applications of digital health for public health responses to COVID-19: a systematic scoping review of artificial intelligence, telehealth and related technologies. *NPJ Digit. Med.* 2021 Feb 26;4(1):40. doi: 10.1038/s41746-021-00412-9
 24. Mehta M. C., Katz I. T., Jha A. K. Transforming global health with AI. *N. Engl. J. Med.* 2020 Feb 27;382(9):791–3. doi: 10.1056/nejmp1912079
 25. Brault N., Saxena M. For a critical appraisal of artificial intelligence in healthcare: the problem of bias in mHealth. *J. Eval. Clin. Pract.* 2021 Jun;27(3):513–9. doi: 10.1111/jep.13528
 26. Zhang S., Bamakan S., Qu Q., Li S. Learning for personalized medicine: a comprehensive review from a deep learning perspective. *IEEE Rev. Biomed. Eng.* 2019;12:194–208. doi: 10.1109/RBME.2018.2864254
 27. Goncalves A., Ray P., Soper B., Stevens J., Coyle L., Sales A. P. Generation and evaluation of synthetic patient data. *BMC Med. Res. Methodol.* 2020 May 07;20(1):108. doi: 10.1186/s12874-020-00977-1
 28. Reiner Benaim A., Almog R., Gorelik Y., Hochberg I., Nassar L., Mashiach T., Khamaisi M., Lurie Y., Azzam Z. S., Khoury J., Kurnik D., Beyar R. Analyzing medical research results based on synthetic data and their relation to real data results: systematic comparison from five observational studies. *JMIR Med. Inform.* 2020 Feb 20;8(2):e16492. doi: 10.2196/16492
 29. Rodriguez-Almeida A. J., Fabelo H., Ortega S., Deniz A., Balea-Fernandez F. J., Quevedo E., Soguero-Ruiz C., Wagner A. M., Callico G. M. Synthetic patient data generation and evaluation in disease prediction using small and imbalanced datasets. *IEEE J. Biomed. Health Inform.* 2022 Aug 5:1–12. doi: 10.1109/jbhi.2022.3196697
 30. Dascalu A., Walker B., Oron Y., David E. Non-melanoma skin cancer diagnosis: a comparison between dermoscopic and smartphone images by unified visual and sonification deep learning algorithms. *J. Cancer Res. Clin. Oncol.* 2022 Sep;148(9):2497–505. doi: 10.1007/s00432-021-03809-x
 31. World Health Organization. Ethics and Governance of Artificial Intelligence for Health WHO Guidance. Geneva: World Health Organization; 2021.

Поступила 22.12.2023
Принята в печать 27.03.2024

REFERENCES

1. Liu Y., Chen C., Lee C., Lin Y., Chen H., Yeh J., Chiu S. Y. Design and usability evaluation of user-centered and visual-based aids for dietary food measurement on mobile devices in a randomized controlled trial. *J. Biomed Inform.* 2016 Dec; 64:122–30. doi: 10.1016/j.jbi.2016.10.001
2. Liu Y., Wu S., Lin S., Chen C., Lin Y., Chen H. Usability of food size aids in mobile dietary reporting apps for young adults: randomized controlled trial. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2020 Apr 29;8(4):e14543. doi: 10.2196/14543
3. Liu Y., Chen C., Lin Y., Chen H., Irianti D., Jen T., Yeh J., Chiu S. Y. Design and usability evaluation of mobile voice-added food reporting for elderly people: randomized controlled trial. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2020 Sep 28;8(9):e20317. doi: 10.2196/20317
4. Mauch C. E., Laws R. A., Prichard I., Maeder A. J., Wycherley T. P., Golley R. K. Commercially available apps to support healthy family meals: user testing of app utility, acceptability, and engagement. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2021 May 07;9(5):e22990. doi: 10.2196/22990
5. Gordon W. J., Landman A., Zhang H., Bates D. W. Beyond validation: getting health apps into clinical practice. *NPJ Digit Med*. 2020;3:14. doi: 10.1038/s41746-019-0212-z
6. Kosa S. D., Monize J., D'Souza M., Joshi A., Philip K., Reza S., Samra S., Serrago B., Thabane L., Gafni A., Lok C. E. Nutritional mobile applications for CKD patients: systematic review. *Kidney Int. Rep.* 2019 Mar;4(3):399–407. doi: 10.1016/j.ekir.2018.11.016
7. Zhou L., Bao J., Setiawan I. M., Saptono A., Parmanto B. The mHealth app usability questionnaire (MAUQ): development and validation study. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2019 Apr 11;7(4):e11500. doi: 10.2196/11500
8. Johnson K. B., Wei W., Weeraratne D., Frisse M. E., Misulis K., Rhee K., Zhao J., Snowdon J. L. Precision medicine, AI, and the future of personalized health care. *Clin. Transl. Sci.* 2021 Jan 12;14(1):86–93.

Здоровье и общество

9. Deniz-Garcia A., Fabelo H., Rodriguez-Almeida A. J. Quality, Usability, and Effectiveness of mHealth Apps and the Role of Artificial Intelligence: Current Scenario and Challenges. *J. Med. Internet Res.* 2023;25:e44030. Epub 2023 May 4. doi: 10.2196/44030
10. Seetharam K., Kagiya N., Sengupta P. P. Application of mobile health, telemedicine and artificial intelligence to echocardiography. *Echo Res. Pract.* 2019 Jun 01;6(2):R41–52. doi: 10.1530/erp-18-0081
11. Han S. S., Park I., Eun Chang S., Lim W., Kim M. S., Park G. H., Chae J. B., Huh C. H., Na J. Augmented intelligence dermatology: deep neural networks empower medical professionals in diagnosing skin cancer and predicting treatment options for 134 skin disorders. *J. Invest. Dermatol.* 2020 Sep;140(9):1753–61. doi: 10.1016/j.jid.2020.01.019
12. Basu S., Johnson K. T., Berkowitz S. A. Use of machine learning approaches in clinical epidemiological research of diabetes. *Curr. Diab. Rep.* 2020 Dec 03;20(12):80. doi: 10.1007/s11892-020-01353-5.10.1007/s11892-020-01353-5
13. Dagliati A., Marini S., Sacchi L., Cogni G., Teliti M., Tibollo V., De Cata P., Chiovato L., Bellazzi R. Machine learning methods to predict diabetes complications. *J. Diabetes Sci. Technol.* 2018 Mar;12(2):295–302. doi: 10.1177/1932296817706375
14. Akter L., Al-Islam F. Diabetes mellitus prediction and feature importance score finding using extreme gradient boosting. In: Proceedings of International Conference on Emerging Technologies and Intelligent Systems. Cham: Springer; 2022. P. 643–54.
15. Li J., Chen Q., Hu X., Yuan P., Cui L., Tu L., Cui J., Huang J., Jiang T., Ma X., Yao X., Zhou C., Lu H., Xu J. Establishment of non-invasive diabetes risk prediction model based on tongue features and machine learning techniques. *Int. J. Med. Inform.* 2021 May;149:104429. doi: 10.1016/j.ijmedinf.2021.104429.S1386-5056(21)00055-1
16. Bej S., Sarkar J., Biswas S., Mitra P., Chakrabarti P., Wolkenhauer O. Identification and epidemiological characterization of type-2 diabetes sub-population using an unsupervised machine learning approach. *Nutr. Diabetes.* 2022 May 27;12(1):27. doi: 10.1038/s41387-022-00206-2
17. El-Rashidy N., El-Sappagh S., Islam S. M., M. El-Bakry H., Abdelrazek S. Mobile health in remote patient monitoring for chronic diseases: principles, trends, and challenges. *Diagnostics (Basel).* 2021 Mar 29;11(4):607. doi: 10.3390/diagnostics11040607
18. Contreras I., Vehi J. Artificial intelligence for diabetes management and decision support: literature review. *J. Med. Internet Res.* 2018 May 30;20(5):e10775. doi: 10.2196/10775
19. Goyal M., Knackstedt T., Yan S., Hassanpour S. Artificial intelligence-based image classification methods for diagnosis of skin cancer: challenges and opportunities. *Comput. Biol. Med.* 2020 Dec;127:104065. doi: 10.1016/j.compbiomed.2020.104065
20. Saginala K., Barsouk A., Aluru J. S., Rawla P., Barsouk A. Epidemiology of melanoma. *Med. Sci. (Basel).* 2021 Oct 20;9(4):63. doi: 10.3390/medsci9040063
21. Kho J., Gillespie N., Horsham C., Snoswell C., Vagenas D., Soy-er H. P., Janda M. Skin doctor consultations using mobile teledermatology: exploring virtual care business models. *Telemed. J. E Health.* 2020 Nov 14;26(11):1406–13. doi: 10.1089/tmj.2019.0228
22. Knight S. R., Ng N., Tsanas A., Mclean K., Pagliari C., Harrison E. M. Mobile devices and wearable technology for measuring patient outcomes after surgery: a systematic review. *NPJ Digit. Med.* 2021 Nov 12;4(1):157. doi: 10.1038/s41746-021-00525-1
23. Gunasekeran D. V., Tseng R. M., Tham Y., Wong T. Y. Applications of digital health for public health responses to COVID-19: a systematic scoping review of artificial intelligence, telehealth and related technologies. *NPJ Digit. Med.* 2021 Feb 26;4(1):40. doi: 10.1038/s41746-021-00412-9
24. Mehta M. C., Katz I. T., Jha A. K. Transforming global health with AI. *N. Engl. J. Med.* 2020 Feb 27;382(9):791–3. doi: 10.1056/nejmp1912079
25. Brault N., Saxena M. For a critical appraisal of artificial intelligence in healthcare: the problem of bias in mHealth. *J. Eval. Clin. Pract.* 2021 Jun;27(3):513–9. doi: 10.1111/jep.13528
26. Zhang S., Bamakan S., Qu Q., Li S. Learning for personalized medicine: a comprehensive review from a deep learning perspective. *IEEE Rev. Biomed. Eng.* 2019;12:194–208. doi: 10.1109/RBME.2018.2864254
27. Goncalves A., Ray P., Soper B., Stevens J., Coyle L., Sales A. P. Generation and evaluation of synthetic patient data. *BMC Med. Res. Methodol.* 2020 May 07;20(1):108. doi: 10.1186/s12874-020-00977-1
28. Reiner Benaim A., Almog R., Gorelik Y., Hochberg I., Nassar L., Mashiach T., Khamaisi M., Lurie Y., Azzam Z. S., Khoury J., Kurnik D., Beyar R. Analyzing medical research results based on synthetic data and their relation to real data results: systematic comparison from five observational studies. *JMIR Med. Inform.* 2020 Feb 20;8(2):e16492. doi: 10.2196/16492
29. Rodriguez-Almeida A. J., Fabelo H., Ortega S., Deniz A., Balea-Fernandez F. J., Quevedo E., Soguero-Ruiz C., Wagner A. M., Callico G. M. Synthetic patient data generation and evaluation in disease prediction using small and imbalanced datasets. *IEEE J. Biomed. Health Inform.* 2022 Aug 5:1–12. doi: 10.1109/jbhi.2022.3196697
30. Dascalu A., Walker B., Oron Y., David E. Non-melanoma skin cancer diagnosis: a comparison between dermoscopic and smartphone images by unified visual and sonification deep learning algorithms. *J. Cancer Res. Clin. Oncol.* 2022 Sep;148(9):2497–505. doi: 10.1007/s00432-021-03809-x
31. World Health Organization. Ethics and Governance of Artificial Intelligence for Health WHO Guidance. Geneva: World Health Organization; 2021.