

ПРОФИЛАКТИКА ИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2023

Даминов Б.Т., Аширбаев Ш.П., Вихров И.П.

Отслеживание контактов распространения COVID-19 при помощи цифровых технологий с искусственным интеллектом (обзор литературы)

Ташкентский педиатрический медицинский институт, 100140, Ташкент, Республика Узбекистан

Появление COVID-19 практически совпало с началом активной фазы процесса цифровизации во всех сферах, в том числе в системе здравоохранения. Более того, COVID-19 невольно стал импульсом, который ускорил внедрение цифровых технологий, а также инициировал новые, зачастую инновационные решения для борьбы как с вирусом, так и с его разрушительными социальными и экономическими последствиями.

Цель исследования — анализ существующих научных публикаций в области цифрового отслеживания контактов COVID-19 с помощью технологий искусственного интеллекта (ИИ), обсуждение вопросов, связанных с защитой персональных данных при использовании официальных мобильных приложений, сделать выводы и дать рекомендации в области эффективной и этичной организации цифрового отслеживания контактов как одного из основных инструментов профилактики распространения пандемии. Проанализированы научные публикации, содержащиеся в научных базах данных EBSCO Publishing и SpringerLink, за март 2020 г. – апрель 2021 г.

Цифровые решения отслеживания контактов нашли свое важное место среди прочих противоэпидемических мероприятий во многих странах мира. Однако такие же решения, но уже с использованием ИИ пока ещё набирают свою популярность. Национальные правительства ряда развитых и развивающихся стран понимают важность национальных систем отслеживания контактов, что в свою очередь обусловило внедрение таких подходов в национальные стратегии противодействия пандемии.

Заключение. Цифровые технологии отслеживания контактов с использованием ИИ потенциально могут стать эффективным инструментом в борьбе с COVID-19 и подобными пандемиями. Однако подобные цифровые системы ещё находятся на предварительной стадии своей разработки и внедрения, и потребуются время, прежде чем будут видны результаты. Очень немногие из рассмотренных примеров и моделей цифровых решений отслеживания с использованием технологий ИИ имеют эксплуатационную зрелость на данном этапе.

Ключевые слова: COVID-19; отслеживание контактов; мобильные приложения; искусственный интеллект; обзор

Для цитирования: Даминов Б.Т., Аширбаев Ш.П., Вихров И.П. Отслеживание контактов распространения COVID-19 при помощи цифровых технологий с искусственным интеллектом (обзор литературы). *Здравоохранение Российской Федерации*. 2023; 67(2): 142–148. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2023-67-2-142-148> <https://elibrary.ru/rpzggr>

Для корреспонденции: Вихров Игорь Петрович, начальник отдела электронного здравоохранения, Инновационный центр Ташкентского педиатрического медицинского института, 100140, Ташкент, Узбекистан. E-mail: igorvichrov@yandex.ru

Участие авторов: Даминов Б.Т. — концепция и дизайн исследования, написание текста, редактирование; Аширбаев Ш.П. — сбор и обработка материала, написание текста, статистическая обработка данных; Вихров И.П. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, написание текста, составление списка литературы, статистическая обработка данных, редактирование. *Все соавторы* — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Поступила 26.05.2021

Принята в печать 14.10.2021

Опубликована 28.04.2023

PREVENTION OF INFECTIOUS DISEASES

© AUTHORS, 2023

Botir T. Daminov, Sherzod P. Ashirbaev, Igor P. Vikhrov

Contact-tracing of the COVID-19 spreading using digital technologies with artificial intelligence (literary review)

Tashkent Pediatric Medical Institute, Tashkent, 100140, Uzbekistan

The emergence of COVID-19 almost coincided with the beginning of an active phase of the digitalization process in all areas, including the healthcare system. Moreover, COVID-19 unwittingly became the impetus that accelerated the adoption of digital technologies, and initiated new, often innovative solutions to combat both the virus and its devastating social and economic consequences.

The purpose of the study: the current study conducts a literature review of existing scientific reports in the field of digital contact-tracing COVID-19 using artificial intelligence (AI) technologies, to discuss issues related to the security of personal data when using official mobile applications, to draw conclusions and make recommendations in the field of effective and ethical management of digital contact-tracing as one of the main tools for preventing the spread of the pandemic.

Scientific reports contained in the scientific research databases of Ebsco Publishing and SpringerLink for the period March 2020 — April 2021 were analyzed.

Digital contact-tracing solutions have found their important place among other anti-epidemic measures in many countries around the world. However, the same solutions, but already using AI, are still gaining popularity. National governments in numerous developed and developing countries understand the importance of national contact-tracing systems, which in turn has introduced such approaches in national pandemic response strategies.

Conclusion: Digital contact-tracing technologies using AI can be an effective tool in the fight against COVID-19 and similar pandemics. However, such digital systems are still at a preliminary stage of their development and implementation, and it will take time before the results will be visible. Very few of the considered examples and models of digital tracing solutions using AI technologies have operational maturity at this stage.

Keywords: COVID-19; contact-tracing; mobile applications; artificial intelligence; review

For citation: Daminov B.T., Ashirbaev Sh.P., Vikhrov I.P. Contact-tracing of the COVID-19 spreading using digital technologies with artificial intelligence (literary review). *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii (Health Care of the Russian Federation, Russian journal)*. 2023; 67(2): 142–148. <https://doi.org/10.47470/0044-197X-2023-67-2-142-148> <https://elibrary.ru/rpzgzi> (in Russian)

For correspondence: Igor P. Vikhrov, Head of the E-Health Department, Innovation Center of the Tashkent Pediatric Medical Institute, Tashkent, 100140, Uzbekistan. E-mail: igorvikhrov@yandex.ru

Information about the authors:

Daminov B.T., <https://orcid.org/0000-0002-9419-0831>

Ashirbaev Sh.P., <https://orcid.org/0000-0003-2491-5312>

Vikhrov I.P., <https://orcid.org/0000-0002-4333-8533>

Contribution of the authors: Daminov B.T. — research concept and design, writing of the text, editing; Ashirbaev Sh.P. — collection and processing of material, writing of the text, statistical data processing; Vikhrov I.P. — research concept and design, collection and processing of material, writing of the text, compilation of the list of literature, statistical data processing, editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Acknowledgment. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received: May 26, 2021

Accepted: October 10, 2021

Published: April 28, 2023

Появление COVID-19 практически совпало с началом активной фазы процесса цифровизации во всех сферах, в том числе в системе здравоохранения. Более того, COVID-19 невольно стал импульсом, который ускорил внедрение цифровых технологий, а также инициировал новые, зачастую инновационные решения для борьбы как с вирусом, так и с его разрушительными социальными и экономическими последствиями. На период написания настоящего литературного обзора — март–май 2021 г. — COVID-19 все ещё продолжает активно распространяться, несмотря на начало глобальной вакцинации населения. Последствия COVID-19 продолжают оказывать отрицательное влияние на глобальную экономику и здравоохранение. В связи с этим правительства всех стран разрабатывают новые инновационные подходы профилактики, лечения и реабилитации для борьбы с вирусом.

Большинство стран, столкнувшиеся с коронавирусом, полагались на применение классических эпидемиологических мер по борьбе с вирусной инфекцией, в том числе руководствуясь рекомендациями ВОЗ. Тем не менее, находясь в середине второго года глобальной борьбы с COVID-19, стало очевидным, что без применения всего спектра существующих и находящихся в разработке цифровых технологий эффективно противодействовать пандемии становится очень сложно.

В этой связи ВОЗ разработала рекомендации по борьбе с COVID-19, которые заключались в организации доступного тестирования, изоляцией и уходом за заболевшими, а также по отслеживанию контактов. Данные эпидемиологические мероприятия являются наиболее эффективной стратегией для прерывания передачи вируса SARS-CoV-2, а роль цифровых технологий, например, при отслеживании контактов заболевших людей, является определяющей. При этом, согласно ВОЗ, необходимо строго учитывать этические моменты, связанные с конфиденциальностью, доступностью, безопасностью и подотчётностью полученных данных.

Цель исследования — обзор существующих научных публикаций в области цифрового отслеживания контактов COVID-19 с помощью технологий искусственного интеллекта (ИИ), обсудить вопросы, связанные с защитой персональных данных, при использовании официальных мобильных приложений, сделать выводы и дать рекомендации в области эффективной и этичной организации цифрового отслеживания контактов как одного из основных инструментов профилактики распространения пандемии.

Нами были проанализированы научные публикации, содержащиеся в научных базах данных EBSCO Publishing и SpringerLink за период март 2020 г. – апрель 2021 г. Поисковой запрос содержал следующие термины: обзор: отслеживание контактов при COVID-19 с использованием искусственного интеллекта; обзор: цифровые решения/приложения при борьбе с COVID-19 с использованием искусственного интеллекта; обзор: этические и моральные аспекты цифровых приложений по борьбе с COVID-19 с использованием искусственного интеллекта; обзор: мобильные приложения по отслеживанию COVID-19 с использованием искусственного интеллекта; обзор: искусственный интеллект и COVID-19. При отборе статей для включения в литературный обзор учитывались следующие обязательные критерии: использование цифровых технологий с использованием ИИ, машинного обучения и глубинного обучения, национальный уровень исследования, наличие статистических данных.

ВОЗ определяет отслеживание контактов при COVID-19 следующим образом: «Отслеживание контактов — это процесс выявления, оценки состояния и принятия необходимых мер в отношении лиц, экспонированных инфекцией, в целях профилактики дальнейшего распространения инфекции. Такие люди называются контактными лицами. Для отслеживания контактов в связи с COVID-19 необходимо выявление людей, потенциально экспонированных вирусом SARS-CoV-2, который вызывает COVID-19, и ежедневное наблюдение за ними на протяжении 14 дней. Целью является прекращение передачи вирусной инфекции за счёт своевременного выявления заболевших людей»¹. ВОЗ в рамках своих временных рекомендаций 2-го пересмотра «Отслеживание контактов в контексте COVID-19» от 01.02.2021 подчёркивает важность данной меры борьбы с пандемией, указывает на её эффективность и делает следующие выводы, которые рекомендуются к исполнению всеми странами — членами ВОЗ²:

- отслеживание контактов является одной из ведущих стратегией для прерывания цепочек передачи вируса SARS-CoV-2;
- отслеживание контактов может быть использовано для определения источника инфекции и проведения целенаправленных санитарно-эпидемиологических и социальных мероприятий;
- приоритет для последующего наблюдения отдаётся контактными лицам, которые затронуты более высоким риском заражения в зависимости от характера их контакта с источником инфекции;
- применение цифровых инструментов может способствовать улучшению отслеживания контактов при COVID-19, но необходимо принимать во внимание этические вопросы;
- в идеальном случае для осуществления функций сотрудников службы отслеживания контактов привлекают лиц из местной общины.

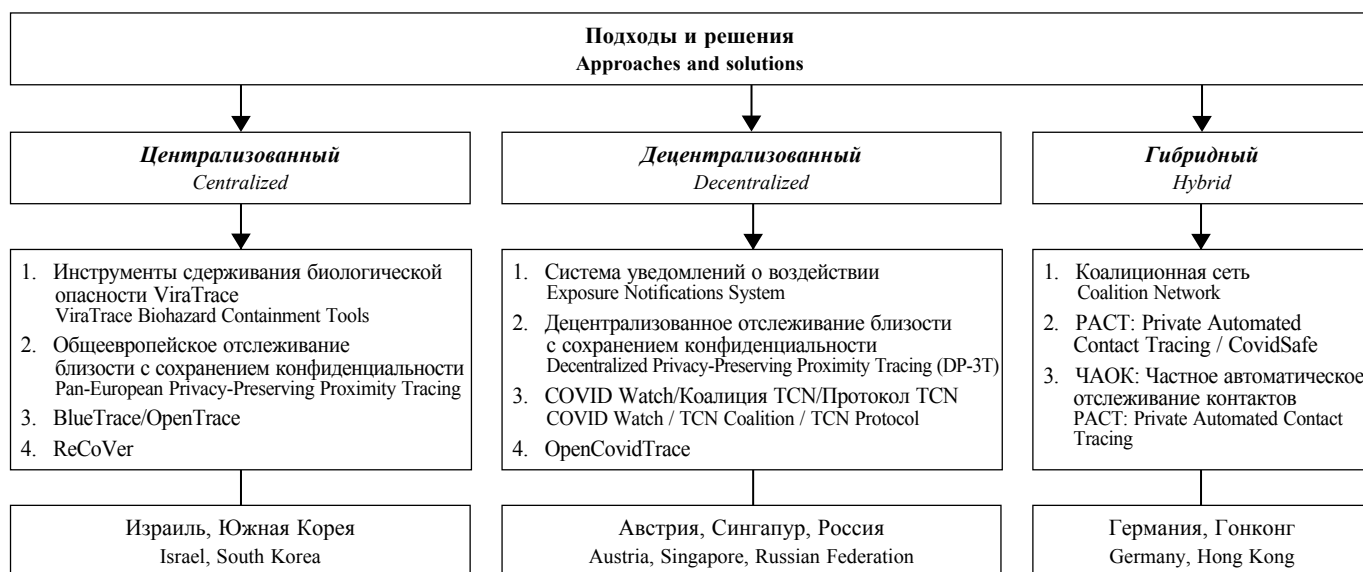
В целом, рекомендация ВОЗ по отслеживанию контактов при COVID-19 с помощью цифровых технологий имеет положительный результат и применение таких технологий наблюдается по всему миру. Тем не менее ВОЗ также указывает на важность этических моментов, связанных с правами человека, конфиденциальностью данных и информационной безопасностью.

Цифровое отслеживание контактов может быть более эффективным, чем традиционные методы. В этой связи интересна работа L. Ferretti и соавт., которые через математическую модель определили, что распространение коронавируса в населённом пункте в 1 млн человек будет остановлено, если 80% всех пользователей мобильных телефонов с GPS-датчиком используют систему отслеживания контактов [1]. В этой связи особое значение имеют сохранение и безопасность персональных данных при использовании мобильных приложений и других цифровых методов отслеживания контактов [2].

Существующие подходы к реализации цифровых решений по отслеживанию контактов при COVID-19 в настоящее время условно подразделяют на три группы (**см. рисунок, таблицу**).

¹ ВОЗ. Вопросы и ответы: отслеживание контактов в связи с COVID-19. Доступно: <https://www.who.int/ru/news-room/q-a-detail/q-a-contact-tracing-for-covid-19>

² ВОЗ. Отслеживание контактов в контексте COVID-19. Временные рекомендации от 21 февраля 2021 года. Доступно: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/339128/WHO-2019-nCoV-Contact-Tracing-2021.1-rus.pdf>



Подходы и решения к внедрению цифровых систем отслеживания контактов при COVID-19.

Approaches and solutions to the implementation of digital contact-tracing systems for COVID-19.

Данное разделение не является общепринятым и научно обоснованным, а базируется на методологии подхода к отслеживанию контактов на национальном уровне, что представляет определённый научный интерес. В случае централизованного подхода государство самостоятельно принимает решение начать отслеживание контактов, при этом от гражданина не требуется добровольного согласия, поскольку, отслеживая цифровой след гражданина, государство берёт на себя ответственность и право проводить профилактические мероприятия по сдерживанию распространения эпидемии. Яркими представителями такого подхода к отслеживанию контактов являются Израиль и Южная Корея [3, 4], тем не менее при таком подходе наиболее серьёзной критикой является защита персональных данных. В связи с этим большинство других стран, использующих официальные приложения по отслеживанию контактов, применяют децентрализованный подход, который подразумевает добровольное согласие на отслеживание контактов и обработку персональных данных. В качестве примера децентрализованного подхода рассматривают Австрию³, Сингапур [5] и Россию⁴. Сочетание двух подходов, так называемый гибридный подход, используют Германия⁵ и Гонконг⁶.

С появлением COVID-19 цифровые решения в области здравоохранения, в том числе с использованием технологий ИИ, всё чаще приобретают решающее значение для отслеживания контактов, распространения информации и борьбы с пандемией в целом. Созданные цифровые решения на базе мобильных приложений и интернет-сетей предупреждают пользователей, если они находились рядом с инфицированным человеком в течение достаточного времени и, следовательно, потенциально подвержены

рisku инфицирования [6]. А. Bansal и соавт. в обзорной статье описывают различные методы машинного обучения, которые использовались в прошлом для прогнозирования, выявления и лечения инфекционных заболеваний, а также то, как эти инструменты используются в борьбе с COVID-19. И как часть этого обзора обсуждается организация раннего выявления и отслеживание контактов и случаев заболевания COVID-19 с использованием ИИ [7].

Совмещение цифровых технологий с технологиями ИИ позволило более эффективно бороться с пандемией и обусловило распространение мобильных приложений с ИИ по отслеживанию контактов. В то же время ряд вопросов этического и нормативно-правового характера остаются барьером для распространения приложений с ИИ, в связи с чем были предложены рамочные и этические ориентиры для использования подобных технологий так называемого «ответственного» ИИ [8, 9].

Что касается контроля за населением, то по-прежнему существует пробел в решениях ИИ, который необходимо заполнить в отношении методов отслеживания контактов и дистанцирования. В отслеживании контактов роль ИИ, по-видимому, не является центральной, поскольку функции ИИ в приложениях для отслеживания контактов в большинстве случаев не развёрнуты. Случай с Тайванем может представлять собой исключение, поскольку ИИ помог тайваньскому правительству провести отслеживание контактов. Они оценили население как подверженное более низкому или более высокому риску на основе различных переменных (например, истории поездок); затем они раздали мобильные телефоны инфицированным людям, чтобы отслеживать их местоположение по GPS [10].

В. Sookman в своей статье останавливается на опыте Канады в области интеграции цифровых решений по отслеживанию контактов и ИИ с фокусом на вопросах защиты и безопасности персональных данных⁷. Он делает выводы о том, что использование приложений по

³ COVID-19: Thousands download coronavirus tracing app in Austria. Доступно: <https://www.thestar.com.my/tech/tech-news/2020/04/02/covid-19-thousands-download-coronavirus-tracing-app-in-austria>

⁴ В России заработало приложение «Госуслуги.COVID трекер». Доступно: <https://www.vesti.ru/hitech/article/2490022>

⁵ Track infections not people. Доступно: <https://www.ito-app.org/>

⁶ StayHomeSafe Mobile App User Guide. Hong Kong Government Coronavirus Site. Доступно: <https://www.coronavirus.gov.hk/eng/stay-home-safe.html>

⁷ Sookman B. AI and contract tracing: How to protect privacy while fighting the COVID-19 pandemic. Macdonald-Laurier Institute; 2020. Доступно: https://macdonaldlaurier.ca/files/pdf/20200416_COVID-Privacy_Sookman_COMMENTARY_FWeb.pdf

Список цифровых платформ и подходов к отслеживанию контактов при COVID-19

List of digital platforms and approaches for COVID-19 contact-tracing

Название Name	Разработчики Vendors	Веб-страница web-page
Паневропейский проект отслеживания контактов Pan-European Privacy-Preserving Proximity Tracing project	Институт телекоммуникаций им. Фраунгофера, Институт Роберта Коха, Технический университет Берлина, Университет Дрездена, Университет Эрфурта, Водафон Германия Fraunhofer Institute for Telecommunications, Robert Koch Institute, Technical University of Berlin, TU Dresden, University of Erfurt, Vodafone Germany	https://www.pepp-pt.org
Коалиционная сеть Coalition Network	Коалиционный фонд, Nodle, Французский институт исследований в области компьютерных наук и автоматизации, Беркли, Калифорния Coalition Foundation, Nodle, French Institute for Research in Computer Science and Automation, Berkeley, California	https://www.coalitionnetwork.org
Проект отслеживания конфиденциальности Exposure Notifications System	Google, Apple Inc.	https://www.apple.com/covid19/contacttracing
Децентрализованное отслеживание близости с сохранением конфиденциальности Decentralized privacy-preserving proximity tracing	Федеральная политехническая школа Лозанны, Швейцарский федеральный технологический институт в Цюрихе, Католический университет Левена, Технологический университет Дельфта, Лондонский университетский колледж, Центр информационной безопасности им. Гельмгольца, Оксфордский университет, Университет Турина/Фонд ISI EPFL, ETHZ, KU Leuven, TU Delft, University College London, CISPA, University of Oxford, University of Torino / ISI Foundation	https://github.com/DP-3T
BlueTrace, OpenTrace	Цифровые услуги правительства Сингапура Singapore Government Digital Services	https://bluetrace.io https://github.com/opentrace-community
Чувствительные к конфиденциальности протоколы и механизмы для отслеживания мобильных контактов Privacy-Sensitive protocols and mechanisms for mobile contact tracing	Волонтеры компании «Microsoft» «Microsoft» volunteers	https://arxiv.org/abs/2004.03544 ,
CovidSafe	Вашингтонский университет University of Washington	https://github.com/covidsafe
Частное автоматическое отслеживание контактов Private automated contact tracing	Лаборатория компьютерных наук и искусственного интеллекта Массачусетского технологического института (МТИ), Массачусетская больница общего профиля, Лаборатория Линкольна МТИ, Медиалаборатория МТИ, Бостонский университет, Институт Вейцмана, Университет Брауна MIT Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory, Massachusetts General Hospital, MIT Lincoln Laboratory, MIT Media Lab, Boston University, Weizmann Institute of Science, Brown University	https://pact.mit.edu
Covid Watch, Коалиция TCN, протокол TCN Covid Watch, TCN Coalition, TCN Protocol	«Covid Watch», «CoEpi», «ИТО», проект «Commons», Фонд «Zcash», «Openmined», Коалиционная сеть Covid Watch, CoEpi, ITO, Commons Project, Zcash Foundation, Openmined, Coalition Network	https://tcn-coalition.org https://github.com/TCNCoalition/TCN
ОпенКовидТрейд OpenCovidTrace	«Nebula Ventures», сообщество с открытым исходным кодом, «Quantstellation», Холдинги «MLM», «Evocativedeas», «1Checkin» Nebula Ventures, open-source community, Quantstellation, MLM Holdings, Evocativedeas, 1Checkin	https://opencovidtrace.org https://github.com/OpenCovidTrace
ReCoVer	«Stefano Piotto», «Luigi Di Biasi», «Softmining», «Minervas», «PushApp», «NexusTlc», Университет Салерно, dibiasi.it, «Materiale Elettrico», BiTS бета-волонтеры Stefano Piotto, Luigi Di Biasi, Softmining, Minervas, PushApp, NexusTlc, University of Salerno, dibiasi.it, Materiale Elettrico, BiTS beta volunteers	https://smcovid19.org/recover/
Инструменты для сдерживания биологической опасности ViraTrace ViraTrace Biohazard Containment Tools	«ViraTrace, LLC» (Wayne Thornton, Andrei Taranu, Ivan Bestvina, Anjana Pai)	https://www.viratrace.org/ https://github.com/ViraTrace/

отслеживанию контактов с интеграцией технологий ИИ вносит свой большой вклад по борьбе с пандемией, но не является панацеей и эффективно только вместе с классическими эпидемиологическими мерами профилактики и лечения.

В свою очередь, в своём исследовании R. El-Haddadeh и соавт. на примере Катара и Великобритании рассмотрели вопрос использования так называемого «ответственного» ИИ при развёртывании цифровых приложений для отслеживания контактов COVID-19 [11]. Оба приложения были проанализированы по их соответствию так называемым «Рамкам хорошего ИИ» посредством контентного семантического анализа пользователей Twitter в этих странах. В приложении «ENTERAZ» в Катаре не соблюдались требования «ответственного» ИИ, тем не менее оно внесло значительный вклад в борьбу с пандемией в этой стране. С другой стороны, британское приложение «NHS COVID-19» продемонстрировало ограниченный успех в борьбе с вирусом, несмотря на относительное полное соблюдение этих требований «ответственного» ИИ.

Точность измерения расстояния между носителем и контактным лицом сильно влияет на оценку вероятности заражения вирусом. Большинство из этих приложений используют электромагнитное поле, создаваемое низкоэнергетической технологией Bluetooth для оценки расстояния. Тем не менее радиопомехи, вызванные многочисленными факторами, такими как скученность, препятствия и активность пользователей, могут привести к неправильной оценке расстояния и, в свою очередь, к неправильным решениям по изоляции. Кроме того, большинство критериев сохранения социальной дистанции, признанных в мире, предполагают сохранение различной дистанции в зависимости от активности человека и окружающей среды.

G. D'Angelo и соавт. предложили использовать классификатор активности человека, основанный на сверхточной глубокой нейронной сети (технология ИИ) для повышения точности приложений для отслеживания COVID-19 [12]. В своей модели они использовали датчик акселерометра смартфона, а необработанные данные, поступающие с датчика, формировали изображение, включающее несколько каналов и которые были использованы в качестве дополнительного ввода данных. Экспериментальные результаты, полученные путём анализа реальных данных, показали, что эти дополнительные данные являются эффективными функциями для распознавания деятельности человека при помощи ИИ, а результаты перекрёстной проверки, полученные с использованием реального набора данных, достигали точности, очень близкой 100%.

Очень перспективную идею в своей статье представили E.A. Meigom и соавт., которые разработали стратегию контроля распространения COVID-19 с использованием обучения с подкреплением и графовых нейронных сетей [13]. Авторы использовали методы построения графов социальных сетей на основе данных реального отслеживания сотовой связи. Они смоделировали взаимодействие и использовали графовые нейронные сети для ранжирования кандидатов, по приоритетности для тестирования на COVID-19. В симуляциях модели этот подход увеличивает число здоровых людей на 25% и сдерживает эпидемию на 30% чаще, чем контролируемые подходы без использования ИИ. Для реальных наборов данных отслеживания контактов такие графовые нейронные сети станут необходимыми для обработки больших данных, полученных в процессе цифрового отслеживания контактов.

L. Musikanski и соавт. привели контекст эффективности цифровой системы отслеживания контактов и её интеграции с ИИ, а также идеи и предложения по расширению использования такого решения в качестве подхода к сбору данных в масштабах всего сообщества [14]. Работа авторов направлена на изучение аспектов, связанных с использованием приложений, для помощи с кризисными ситуациями, учитывая широко распространённые и разрушительные последствия пандемии для благосостояния общин, включая негативные экономические и социальные спады. Предложенная авторами идея модели системы отслеживания контактов с ИИ, согласно выводам статьи, позволит общинам отслеживать данные и принимать решения, способствующие повышению благосостояния во всех областях общественного здравоохранения, экономики и социальной сферы.

В исследовании I. Agbehadji и соавт. представлен обзор моделей цифровых решений с ИИ и большими данными для отслеживания контактов [15]. Согласно выводам авторов статьи, существующие современные технологические вмешательства на основе ИИ для отслеживания контактов, диагностики и прогнозирования случаев COVID-19 оспариваются с точки зрения точности классификации для эффективного прогнозирования и диагностики. Тем не менее, как утверждают авторы, применение комбинированной модели может повысить точность цифровых систем отслеживания контактов.

В Республике Узбекистан также был предпринят ряд шагов по разработке и внедрению цифровых решений отслеживания контактов COVID-19. Так, при содействии Министерства инноваций было разработано мобильное приложение «Birga Yengamiz»⁸. Приложение предназначено для устройств, работающих на Android и iOS, и запущено для скачивания 13.04.2020. Основная задача приложения — выявить людей, которые некоторое время были в тесном контакте с потенциальным заражённым последние 14 дней и при необходимости изолировать их для предотвращения дальнейшего распространения вируса. На период написания данной статьи в мае 2021 г. у приложения было более 5 тыс скачиваний в «Google Play Market», последнее обновление было 23.04.2020, 196 отзывов со средней оценкой 3 из 5.

Настоящий литературный обзор рассмотрел ряд научных работ в области цифровых решений отслеживания контактов COVID-19 с использованием технологий ИИ. И если цифровые решения отслеживания контактов нашли своё важное место среди прочих противоэпидемических мероприятий многих стран мира, то такие же решения, но уже с использованием ИИ, пока набирают свою популярность. Несомненно, что национальные правительства ряда развитых и развивающихся стран понимают важность национальных систем отслеживания контактов, что обусловило внедрение таких подходов в национальные стратегии противодействия пандемии.

Цифровые ответы большинства стран включают в себя комбинацию анализа больших данных, интеграцию национальных баз данных медицинского страхования, отслеживание истории поездок из баз данных о местоположении человека, сканирование кода и онлайн-отчётность человека. Чего не хватает в пандемии COVID-19 во всём мире, так это комплексного подхода к управлению цифровым здравоохранением. Массовый надзор и отслеживание

⁸ Birga yengamiz, the official website of the mobile app. Доступно: <https://birgayengamiz.uz/ru/#possibilities>

контактов, собирающие личные данные, не должен использоваться государственными органами без общественного контроля, а должен быть связан с бесконтактными анонимизированными цифровыми технологиями здравоохранения.

Методы отслеживания контактов, продвигаемые технологическими компаниями, когда данные обрабатываются на отдельных устройствах и только анонимизированные данные передаются с одобрения владельца устройства, кажутся более безопасным, чем некоторые предложения по созданию национальных баз данных. Опасения, что крупные технологические компании будут злоупотреблять личными данными граждан, в некоторых случаях преувеличены. Такие персональные данные уже хранятся на мобильных устройствах и публикуются на сайтах социальных сетей, в мобильных приложениях для здоровья и носимых устройствах в соответствии с действующими правилами конфиденциальности данных. Следовательно, следует сосредоточить внимание на безопасной интеграции этих данных, которые уже являются общими, для целей обнаружения, мониторинга и управления COVID-19 и возможных будущих эпидемий. Такая интеграция создаст многочисленные преимущества для системы здравоохранения, а в самом ближайшем будущем ожидается более широкое использование этих существующих методов обмена персональными данными.

В Республике Узбекистан цифровые решения отслеживания контактов с ИИ пока находятся на стадии разработки. Хотя и были предложены ряд вариантов мобильных приложений отслеживания контактов COVID-19, но они не смогли найти свое место в официальных противоэпидемических мероприятиях правительства Узбекистана по борьбе с распространением инфекцией. Тем не менее эффективные возможности подобных цифровых решений по эпидемиологической профилактике инфекции на уровне общин, городов и стран не вызывает сомнений.

Заключение

В заключение следует отметить, что цифровые технологии отслеживания контактов с использованием ИИ потенциально могут стать эффективным инструментом в борьбе с COVID-19 и подобными пандемиями. Однако из приведенного выше обзора литературы текущего состояния дел следует отметить, что системы ИИ ещё находятся на предварительной стадии своей разработки и внедрения, и потребуется время, прежде чем будут видны результаты. Очень немногие из рассмотренных нами примеров и моделей цифровых решений отслеживания с использованием технологий ИИ имеют эксплуатационную зрелость на данном этапе.

К тому же использование цифровых решений отслеживания контактов на основе ИИ требует тщательного рассмотрения и с точки зрения их практических, этических и нормативно-правовых аспектов. Поэтому для эффективной реализации подобных цифровых решений все заинтересованные стороны должны будут играть активную роль в реализации «ответственных» приложений с использованием технологий ИИ. В контексте цифрового отслеживания контактов медицинские организации и лица, принимающие решения, должны будут тесно сотрудничать со многими другими заинтересованными сторонами для эффективного проектирования, разработки и развёртывания этих приложений. Поступая таким обра-

зом, это поможет развить необходимую зрелость и в то же время двигаться вперёд в направлении разработки и гармонизации комплексного ответственного подхода к ИИ во всех процессах.

Цифровизация и использование ИИ в медицине до сих пор было довольно ограниченным в Республике Узбекистан, но пандемия и ответные меры на неё многократно ускорили цифровизацию экономики, включая переход к большей автоматизации человеческого труда, переориентацию производственной деятельности. Таким образом, инновации в технологии ИИ, которые могут быть результатом нынешнего кризиса, могут потребовать от Узбекистана более быстрого прогресса в создании соответствующих механизмов управления ИИ, в том числе в здравоохранении.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Ferretti L., Wymant C., Kendall M., Zhao L., Nurtay A., Abeler-Dörner L., et al. Quantifying SARS-CoV-2 transmission suggests epidemic control with digital contact tracing. *Science*. 2020; 368(6491): eabb6936. <https://doi.org/10.1126/science.abb6936>
2. Hatamian M., Wairimu S., Momen N., Fritsch L. A privacy and security analysis of early-deployed COVID-19 contact tracing Android apps. *Empir. Softw. Eng.* 2021; 26(3): 36. <https://doi.org/10.1007/s10664-020-09934-4>
3. Amit M., Kimhi H., Bader T., Chen J., Glassberg E., Benov A. Mass-surveillance technologies to fight coronavirus spread: the case of Israel. *Nat. Med.* 2020; 26(8): 1167–9. <https://doi.org/10.1038/s41591-020-0927-z>
4. Park J., Cho S., Lee J., Lee I., Park W., Jeong S., et al. Development and utilization of a rapid and accurate epidemic investigation support system for COVID-19. *Osong. Public Health Res. Perspect.* 2020; 11(3): 118–27. <https://doi.org/10.24171/j.phrp.2020.11.3.06>
5. Lai S.H.S., Tang C.Q.Y., Kurup A., Thevendran G. The experience of contact tracing in Singapore in the control of COVID-19: highlighting the use of digital technology. *Int. Orthop.* 2021; 45(1): 65–9. <https://doi.org/10.1007/s00264-020-04646-2>
6. Lalmuanawma S., Hussain J., Chhakchhuak L. Applications of machine learning and artificial intelligence for Covid-19 (SARS-CoV-2) pandemic: A review. *Chaos Solitons Fractals*. 2020; 139: 110059. <https://doi.org/10.1016/j.chaos.2020.110059>
7. Bansal A., Padappayil R.P., Garg C., Singal A., Gupta M., Klein A. Utility of Artificial Intelligence Amidst the COVID 19 Pandemic: A Review. *J. Med. Syst.* 2020; 44(9): 156. <https://doi.org/10.1007/s10916-020-01617-3>
8. Martinez-Martin N., Luo Z., Kaushal A., Adeli E., Haque A., Kelly S.S., et al. Ethical issues in using ambient intelligence in health-care settings. *Lancet Digit. Health.* 2021; 3(2): e115–e123. [https://doi.org/10.1016/s2589-7500\(20\)30275-2](https://doi.org/10.1016/s2589-7500(20)30275-2)
9. Dignum V. Responsible artificial intelligence: how to develop and use AI in a responsible way. Springer Nature; 2019.
10. Piccialli F., di Cola V.S., Giampaolo F., Cuomo S. The Role of Artificial Intelligence in Fighting the COVID-19 Pandemic. *Inf. Syst. Front.* 2021; 23(6): 1467–97. <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10131-x>
11. El-Haddadeh R., Fadlalla A., Hindi N.M. is there a place for responsible artificial intelligence in pandemics? A tale of two countries. *Inf. Syst. Front.* 2021; 1–17. <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10140-w>
12. D'Angelo G., Palmieri F. Enhancing COVID-19 tracking apps with human activity recognition using a deep convolutional neural network and HAR-images. *Neural. Comput. Appl.* 2021; 1–17. <https://doi.org/10.1007/s00521-021-05913-y>
13. Meiron E.A., Maron H., Mannor S., Chechik G. How to stop epidemics: controlling graph dynamics with reinforcement learning and graph neural networks; 2020.
14. Musikanski L., Phillips R., Rogers P. Well-Being data gathering during COVID-19: Exploring the feasibility of a contact tracing and community well-being safeguarding framework. *Int. J. Community Wellbeing.* 2021; 4(3): 353–61. <https://doi.org/10.1007/s42413-020-00108-0>
15. Agbehadji I.E., Awuzie B.O., Ngowi A.B., Millham R.C. Review of big data analytics, artificial intelligence and nature-inspired computing models towards accurate detection of COVID-19 pandemic cases and contact tracing. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2020; 17(15): 5330. <https://doi.org/10.3390/ijerph17155330>