

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И COVID-19: УРОКИ НАСТОЯЩЕГО И СЦЕНАРИЙ БУДУЩЕГО

А.М. Хаджибаев¹, Ф.Т. Адылова², Х.М. Касимов¹, Х.Э. Анваров¹

¹Республиканский научный центр экстренной медицинской помощи

²Институт математики им. В.И. Романовского Академии Наук РУз, Ташкент, Узбекистан

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND COVID-19: LESSONS LEARNT AND SCENARIO FUTURE

A.M. Khadjibayev¹, F.T. Adylov², Kh.M. Kasimov¹, Kh.E. Anvarov¹

¹Republican Research Center of Emergency Medicine

²Institute of Mathematics named after Romanovsky of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

Статья описывает потенциал взаимодействия на стыке двух дисциплин для использования искусственного интеллекта для прогнозирования течения и степени тяжести новой коронавирусной инфекции COVID-19, в том числе у пациентов с острой респираторной недостаточностью. Представлен анализ опыта различных моделей прогнозирования, раскрываются причины удачных и неудачных исходов и приводится мнение о роли и месте машинного обучения для выработки стратегии предотвращения распространения заболевания.

Ключевые слова: новая коронавирусная инфекция, искусственный интеллект, прогнозирование

The article describes the potential of interaction at the junction of the two disciplines for using artificial intelligence to predict the course and severity of the new coronavirus infection COVID-19, including in patients with acute respiratory failure. An analysis of the experience of various forecasting models is presented, the reasons for successful and unsuccessful outcomes are revealed, and an opinion on the role and place of machine learning in developing a strategy for preventing the spread of the disease is given as well.

Key words: new coronavirus infection, artificial intelligence, prediction

https://doi.org/10.54185/TBEM/vol14_iss3/a1

Введение

Цель данного обзора – анализ зарубежных работ, отобранных по теме и уровню опубликованных их журналов, при этом основной акцент мы делаем на статью Anthony C. Chang из Medical Intelligence and Innovation Institute, США [1], приводя краткие выводы автора к положениям статьи. Ранее в нашей статье [2] мы представили методы искусственного интеллекта (ИИ) и их возможности в борьбе с COVID-19. Из систематического анализа следовало, что подходы, такие как машинное обучение (ML), глубокое обучение (DL), математические и статистические подходы могут и были использованы для прогнозирования распространения пандемии COVID-19 и лечения пациентов в палатах интенсивной терапии. Искусственный интеллект, однако, был недооценен как ресурс для смягчения стресса медиков в борьбе против вируса [3], по-

этому сегодня важно понять, почему искусственный интеллект не был использован достаточно эффективно.

Смертность от SARS, MERS и Эболы – известных пандемий (774, 866 и 11325 смертей соответственно) была на порядок меньше, чем число людей, которые уже скончались от пандемии COVID-19 (100 миллионов случаев включая 2 миллиона смертей во всем мире на конец января 2021 г.). Для сравнения: недавняя пандемия нового вируса гриппа А H1N1 в 2009–2010 годах (так называемый «свиной грипп») привела к примерно 60 миллионам случаев заболевания и от 151 700 до 575 400 смертей во всем мире [4]. COVID-19 является серьезным мультисистемным заболеванием, вызванным коронавирусом 2 (SARS-CoV-2).

COVID-19 проявляется субфебрильным повышением температуры тела, утомляемостью, кашлем, болью в груди и одышкой; при этом

наиболее патогномичной диагностической находкой являются поражения типа матового стекла в субплевральных областях легких с прогрессированием до консолидации; кроме того, отмечается его влияние на многие другие органы. Коронавирус SARS-CoV-2, – вирус с очень большой РНК, похож на SARS-CoV, который вызвал пандемию SARS, но покрыт липидным бислоем с белковыми шипами, которые связываются с мембраной клетки-хозяина через поверхностный рецептор ACE-2 для проникновения и репликации. TMPRSS2 является ферментом, который помогает вирусу проникать в клетку-хозяина.

Тестирование вируса (тест RT-PCR на материале из носоглотки) является важной частью раннего управления пандемией, но до сих пор остается предметом постоянных дискуссий и противоречий. Масштабное тестирование на ранней стадии (особенно, если у некоторых людей относительно бессимптомное течение) в сочетании с отслеживанием контактов и эпиднадзором имеет важное значение для выявления истинного числа новых случаев, что является основой успешной стратегии сдерживания. Вероятно, это единственная причина успеха, достигнутого в таких странах, как Сингапур, Новая Зеландия и Тайвань.

Отсутствие широкомасштабного тестирования в условиях пандемии существенно влияет на любой подход прогнозирования заболеваний, – от традиционной модели эпидемиологической восприимчивости: «экспозиция – инфекция – выздоровление – восприимчивость» (Susceptible – Exposed – Infectious – Recovered – Susceptible, – SIR или SEIRS) до модели IHME (Institute of Health Metrics and Evaluation) Вашингтонского университета, которая не принимает во внимание характеристики вируса (передача и болезнь).

Существует неоднозначность в отношении определения количества новых случаев: это часто отражает количество людей, у которых тестирование оказалось успешным (за последние 24 часа), а не истинным числом новых случаев (которое включает гораздо большее количество людей с инфекцией, которые еще не прошли тестирование). Часто количество новых случаев быстро растет, но на самом деле это связано с тем, что все больше людей получают доступ к тестированию (как в США). Другими словами, если тестирование не является широкодоступным, количество действительно новых случаев и общее количество случаев обычно намного выше, чем зарегистрированное количество новых и об-

щих случаев (из-за количества людей, которые инфицированы, но еще не протестированы и не диагностированы).

Еще один ключевой момент, который следует учитывать, – инкубационный период (или задержка в диагностике), который составляет около 2–14 дней между моментом фактического заражения SARS-CoV-2 и временем появления симптомов (которые могут привести к положительному результату). Несмотря на то, что изоляция в Ухане дала немедленный эффект, количество новых случаев в то время не отражало тенденцию к снижению до 12 дней спустя.

Заразность инфекционного агента можно оценить с помощью индекса контагиозности R_0 , который представляет собой расчетное число людей, которым любой инфицированный человек может передать инфекционный агент. В то время как R_0 у типичного гриппа составляет около 1, а у кори – около 16 (самый высокий из всех инфекционных заболеваний), R_0 для COVID-19 оценивается примерно в 2,0–3,0 (настолько же заразен, как и средний грипп, но менее заразен, чем SARS, MERS или Эбола, у которых R_0 равно 4 или выше). Однако заразность должна зависеть от времени проявления болезни, поскольку серьезной проблемой COVID-19 было отсутствие очевидных симптомов, особенно на ранних этапах инфекции.

Уровень летальности (в %) – это количество людей, умерших от болезни (общее количество смертей от болезни), деленное на количество людей, у которых диагностировано заболевание (общее количество случаев заболевания); это не количество людей, умерших от болезни, деленное на количество людей в общей численности населения, поскольку это уровень смертности. Следовательно, количество смертей от COVID-19 намного более надежно как показатель заболевания, чем показатель летальности, поскольку количество людей, у которых диагностировано заболевание, зависит от доступа к тестированию.

Уровень смертности от пандемий широко варьируется от сезонного гриппа около 0,1% (приблизительно 500 000 смертей в год во всем мире) до 2,5% от испанского гриппа 1918 года (который привел к 50–100 миллионам смертей во всем мире) и является наиболее летальным для Эболы (около 50%). Уровень летальности от COVID-19 колеблется от поразительно низкого 0,05% в Сингапуре, до более 10% в таких странах, как Италия, Бельгия и Великобритания. Этот показатель летальности зависит не только от демографии населения (поскольку он более

смертоносен для пожилых людей), но и от того, насколько система здравоохранения любого региона может приспособиться к относительно большому и внезапному притоку тяжелобольных пациентов.

Итак, уровень летальности может быть высоким из-за: 1) относительно низкого уровня тестирования; 2) относительно большого количества смертей от болезни, в основном, из-за перегрузки системы здравоохранения, или 3) и то, и другое (как в случае Италии).

Ещё раз подчеркнем, что точный сбор данных о новых случаях является ключевым для расчета уровня летальности. По данным Университета Джонса Хопкинса, на 2 последние недели января 2021 г. число смертей на 100 тысяч населения колеблется от 0,03 на Тайване до 157,28 в Великобритании и 133,47 в США, что соответственно в 5 242 и 4 449 раз больше, чем смертность на Тайване [5].

Текущее состояние искусственного интеллекта и COVID-19

Тактический ответ на COVID-19 аналогичен реагированию на SARS, но существует одно существенное отличие: за 17 лет, прошедших после SARS, появился новый мощный инструмент, который потенциально может помочь удерживать вирус в разумных пределах, а именно: искусственный интеллект. Искусственный интеллект и множество его методологий оказались лишь частично эффективными во время пандемии [6]. Ниже приведено краткое изложение некоторых применений искусственного интеллекта во время пандемии в: 1) эпидемиологии, 2) диагностике и 3) терапии.

1) Эпидемиология COVID-19

Модели прогнозирования. Упомянутые выше два типа моделей являются статистическими и механистическими. Первые используют машинное обучение для краткосрочного прогнозирования, а вторые учитывают сценарии передачи инфекции. Хотя статистическая модель IHME вначале давала более точные прогнозы, впоследствии оказалось, что любой модели трудно быть постоянным предпочтительным инструментом для точного прогнозирования смертей и распространения болезни. Частично это связано с различиями в допущениях между моделями: в то время как модель IHME в настоящее время использует анонимные данные мобильных телефонов и политику социального дистанцирования для оценки степени контакта, другие модели для этой же цели используют другие элементы.

Традиционные модели SIR или SEIRS являются механистическими по своей природе и предпочитают эпидемиологами, поскольку эти модели имеют механизм обратной связи о текущей передаче [7]. Машинное обучение может добавить важную деталь к моделям прогнозирования вычислением вероятности взаимодействия разных людей, однако эти частоты контактов трудно предсказать, особенно с учетом сложного геополитического ландшафта в странах. Другие популярные статистические методы прогнозирования гриппоподобных заболеваний (в том числе, COVID-19) включают, например, обобщенные линейные модели (GLM), авторегрессионное интегрированное скользящее среднее (ARIMA) и обобщенное авторегрессионное скользящее среднее (GARMA) [8-10].

Итак, чрезвычайно сложный характер пандемий, вызванный биологическими и человеческими факторами, был и является сложной задачей прогнозирования из-за относительно неточного числа подтвержденных случаев; модели прогнозирования должны быть более динамичными и гибкими, работать в реальном времени с большим количеством данных и нелинейными подходами для снижения неопределенности.

2) Диагностика COVID-19

Интерпретация медицинских изображений. Есть много публикаций об интерпретации медицинских изображений и много сообщений об использовании искусственного интеллекта в COVID-19 для радиологической визуализации на основе глубокого обучения и сверточной нейронной сети (CNN) рентгеновских снимков грудной клетки, КТ или МРТ изображений легких [11, 12]. Архитектуры глубокого обучения включали группу визуальной геометрии VGG-16 или VGG-19, Resnet50, Xception, DenseNet201, Inception_ResNet_V2 и Inception_V3 с источниками данных, которые варьировались от Kaggle, GitHub и различных больниц, особенно из городов Китая. Варианты CNN для медицинской визуализации включали: объединенную сеть CNN-LSTM [13], более быстрые области на CNN [14] и гибридную нейронную сеть на основе VGG, а также сеть увеличения данных и пространственную трансферную сеть (STN) с CNN (VDSNet) [15]. Также были сообщения об использовании синтетических данных из генеративных состязательных сетей (GAN) [16]. Несмотря на большое количество статей, в которых сообщается об очень большой площади под кривой рабочих характеристик (AUROC), интерпретация медицинских изображений была полезна только для оперативной работы непосредственно в отделениях реанимации,

поскольку клинические проявления COVID-19 обычно не являются диагностической загадкой и радиологические результаты часто являются нормальными на ранней стадии инфицирования [17]. Кроме того, не удавалось сочетать использование CNN для медицинских изображений с краткосрочными и долгосрочными клиническими результатами для стратификации заболевания и риска с альтернативными методами лечения.

Диагноз должен иметь достаточные доказательства, подтверждающие его правильность, но поскольку алгоритмы на основе ИИ представляют собой модели черного ящика, то исследователи не могут понять, почему модели дают такие диагностические результаты. Даже если точность предсказания модели высока, окончательное суждение должно быть представлено на достаточной интерпретируемой основе. Таким образом, вопрос интерпретируемости результатов решения методами ИИ остаётся до сих пор актуальным [18].

Итак, сотрудничество между клиницистами и учеными в области искусственного интеллекта с целью получения медицинских изображений грудной клетки и легких COVID-19 заслуживает похвалы, но, возможно, интерес к этой области был чрезмерным, и недостаточным в других областях, таких как поддержка принятия решений в отделениях реанимации и стратификация рисков.

Тестирование на вирусы и антитела. В основном существует три теста: 1) тест молекулярной обратной транскриптазы-полимеразной цепной реакции (RT-PCR) для обнаружения вирусной РНК во время активной инфекции; 2) антигенный тест для выявления специфических белков на вирусной поверхности (также для активной инфекции); и серологический тест на антитела COVID-19 для перенесенной инфекции. В этих тестах, особенно в первых двух, которые выявляют активную инфекцию, важным аспектом тестирования будет априорная вероятность заражения в соответствии с теоремой Байеса. Сегодня есть предложения об использовании машинного обучения в качестве инструмента объединения тестов. В этом случае образцы многих людей объединяются в один образец для тестирования; если такая комбинированная выборка отрицательна, то предполагается, что все тесты в когорте имеют отрицательный результат. Оценка риска для каждой когорты может быть задачей, которую берет на себя машинное обучение, используя данные из множества источников, чтобы найти оптимальную стратегию груп-

пировки. Объединение тестов и применения машинного обучения может сделать этот подход очень эффективным и рентабельным, не говоря уже об экономии с точки зрения времени [19].

Итак, одним из наиболее недооцененных аспектов тестирования на COVID-19 является важность значения вероятности наличия заболевания до проведения теста для интерпретации болезни, что особенно полезно, если при тестировании используется направление объединения тестов, которое будет эффективно для тестирования населения.

3) Терапия COVID-19

Клинические знания. По состоянию на начало сентября 2020 г. только в PubMed можно было найти около 50 000 статей по теме, а количество научных рукописей удваивается примерно каждые 20 дней. В обзоре [20] по проблемам, затронутым в данной работе, использовали строгую методологию поиска PRISMA-ScR в самой популярной базе данных «PubMed», поскольку тема связана с информационными технологиями, биоинформатикой и последними научными разработками. Система PRISMA-ScR исключила серую литературу, а выводы авторов совпадают с приведенными в нашей работе.

Во время пандемии врачи из отделений интенсивной терапии относительно поздно делились важной информацией о том, что некоторые пациенты с COVID-19 лучше переносят прон-положение по сравнению с механической вентиляцией легких. Способность искусственного интеллекта получать ценную и полезную информацию из тысяч публикаций была сложной задачей на ранних этапах пандемии; еще больше усложняет ситуацию то, что несколько первоначальных отчетов о лекарствах и их эффектах в престижных журналах были отозваны из-за проблем с целостностью данных [21]. Этот глубокий разрыв между информацией и знаниями был частично урегулирован созданием набора данных открытых исследований COVID-19 (Open Research Dataset, CORD-19) в результате сотрудничества между Институтом ИИ Аллена (The Allen Institute for Artificial Intelligence, и ведущими исследовательскими группами для создания бесплатного ресурса, содержащего более 130,000 научных статей о COVID-19. Эта акция стала более значимой, когда с помощью алгоритмов машинного обучения человек смог курировать определенные темы в COVID-19. Лучшее всего организован сборник исследований нового коронавируса 2019 года (Novel Coronavirus Research Compendium, NCRC) Школы общественного здравоохранения Джонса Хопкинса, из ко-

того были выброшены статьи, не прошедшие надлежащую экспертную оценку. Кроме того, были исследования, в которых изучали влияние искусственного интеллекта на прогнозирование клинической тяжести коронавируса [22], но обмена данными, особенно из тысяч отделений интенсивной терапии, в международном масштабе просто не хватало. Эта неспособность иметь надежную систему обмена данными для крупномасштабного анализа в реальном времени в здравоохранении сегодня стоит тысяч жизней и требует изменений [23].

Итак, сейчас важно иметь открытый доступ ко всем научным работам, которые будут курироваться и организовываться с использованием новейших инструментов ИИ обработки естественного языка (*NLP, Natural Language Processing*), чтобы клиницисты могли иметь практическую информацию, и международный репозиторий данных пациентов для проведения клинических исследований и получения новых знаний.

Открытие лекарств. Эта тема отдельного обзора. Здесь только отметим сообщения об использовании искусственного интеллекта и глубокого обучения в системе AlphaFold от DeepMind, которые включали прогнозирование сворачивания четвертичного белка, чтобы позволить ученым находить лекарства, которые могут нейтрализовать вирусные белки. Новая методология, называемая свободным моделированием, использует глубокое обучение для прогнозирования структуры белка, не полагаясь на предыдущие шаблоны [24]. Следует отметить, что некоторые из этих работ и обновлений публикуются без рецензирования, чтобы ускорить получение потенциальной выгоды от этой работы для научного сообщества. Искусственный интеллект можно сочетать с переадресацией (repurposing) лекарств путем анализа различных источников, таких как базы данных Scopus, Google Scholar, PubMed и IEEE Xplore [25].

Одной из компаний, ориентированных на такую стратегию, является Benevolent AI из Великобритании, которая обнаружила, что препарат барицитиниб (Baricitinib) является кандидатом для лечения COVID-19. Наконец, машинное обучение было применено для разработки вакцины, которая представляет собой гибридную структуру белков и неструктурный белок, с использованием инструментов обратной вакцинологии для эффективного дополнительного иммунного ответа [26, 27].

Итак, потенциал искусственного интеллекта для предсказания структуры белка математическим моделированием, а также переадресации

лекарств, дизайн и разработки вакцин с использованием комбинаций вирусных белков были и остаются многообещающими, но необходимо будет производить то, что эти методы способны предложить.

Будущая стратегия борьбы с эпидемиями с использованием искусственного интеллекта

В этом десятилетии человечество должно бросить вызов вечной борьбе человека против вируса. В чем же должна выражаться стратегия против потенциального «COVID-29» в ближайшем будущем, и как искусственный интеллект может стать путеводной нитью в борьбе с будущими пандемиями?

Гипотетическая стратегия борьбы против будущего «COVID-29» и роль искусственного интеллекта в будущем управлении пандемией представлена в [1]. Пусть, например, на юге Франции обнаружена новая вспышка коронавируса с клиническими проявлениями кровотечения и судорог с R_0 7,5 и летальностью более 50%. МРТ-сканирование мозга с использованием искусственного интеллекта выявило необычный паттерн воспаления мозга, сверточная нейронная сеть и обработка с использованием GPT-7, а также кластерный анализ используются для сбора данных об этих пациентах с использованием их данных из реанимации. Обучение с Zero-shot и трансферное обучение используются в отделениях интенсивной терапии по всему миру в качестве предупреждения в таких случаях. В поисках эффективной стратегии прогнозирования и сдерживания нового вируса немедленно начинается обязательное ежедневное тестирование дома (15 секунд для результатов) с беспроводным автоматическим вводом данных для всей Франции и соседних стран. Технология EDGE используется в качестве дополнения к цифровой технологии для ввода соответствующих данных в хранилище данных.

Эпидемиологическая карта в реальном времени становится общедоступной с упреждающим подходом для выявления случаев заболевания и отслеживания этих людей с использованием устройств мониторинга температуры (включая инфракрасное сканирование), истории поездок с интернетом вещей (IoT) и интернетом всего (IoE). Меры общественного здравоохранения немедленно внедряются в соседних странах в точном формате с использованием глубокого обучения с подкреплением и поиска по дереву Монте-Карло (Monte Carlo tree

search, MCTS): некоторые регионы для локализации распространения следят за людьми через их смартфоны, в то время как другие регионы находятся в режиме наблюдения, поэтому работа предприятий и школ не нарушаются в большинстве прилегающих регионов. Для отслеживания вируса ученым доступен процесс многоагентного моделирования. Дроны с продуктами питания и медикаментами отправляются к людям, которые проживают в закрытых зонах, а сеансы телемедицины с дистанционным мониторингом доступны для всех, кто в этом нуждается.

Имитация моделей заболеваний с использованием эмуляторов (deep emulator network search, DENSE) и искусственного интеллекта используются для многократного ускорения моделирования этой небольшой вспышки. Есть центральное хранилище данных глобальной системы здравоохранения для обмена данными для обучения с использованием динамичной методологии клинических исследований, которая устраняет абсолютную зависимость от рандомизированных контролируемых испытаний. Новый коронавирус и его сложная четвертичная молекулярная структура с помощью краудсорсингового искусственного интеллекта, обеспечения геномного секвенирования и сворачивания белков с предсказаниями структуры успешно очерчивается в течение 2 часов методом роевого интеллекта. Список из 10 лучших противовирусных агентов с наивысшим соотношением польза – риск в испытаниях *in silico* собирается в течение 6 часов для использования у тяжелобольных пациентов интенсивной терапии. Имеются также перепрофилированные препараты, которые немедленно одобряются FDA, представители которого являются частью этого процесса. Пациенты и их фармакогеномные профили определены для лечения на основе прецизионной медицины и искусственного интеллекта. Кроме того, вакцина новой конструкции становится доступной в течение 24 часов, поскольку уже ведется работа над универсальной вакциной против коронавируса. После 2 месяцев этой небольшой вспышки можно иметь следующие результаты: в общей сложности инфицированы 47 пациентов с 2 смертельными случаями, используется ИИ с обучением на синтетических данных, полученных с помощью генеративных моделей, которые широко используются для ведения этих пациентов из глобальной базы данных. Работники больниц имеют доступ к оборудованию, напечатанному с поддержкой ИИ на 3D-принтере, включая маски и халаты, а интеллектуальные роботы обслуживают пациентов с COVID-19 на ИВЛ, и затем по

протоколу на основе нечеткой логики проводят отключение. В некоторых больницах есть даже концепция цифрового двойника для прогнозирования потребностей в ресурсах и определения распределения. Групповой обзор COVID-19 в Международном центре биомедицинских исследований и разведки (International Biomedical Research and Intelligence Center. iBRAIN) и его Глобальной целевой группе по предотвращению пандемии (совместный международный центр, сформированный после COVID-19, с участием ВОЗ и CDC, а также представителей 109 стран с ротацией директоров) включают обсуждение последней пандемии – COVID-19 в качестве истории болезни; никаких мер по смягчению или подавлению не требуется, поскольку наблюдение и немедленное сдерживание с помощью хорошей индивидуализированной прецизионной терапии устраняют необходимость в таких жестких стратегиях.

Возможно, что вышеописанный сценарий будет переписан с учетом реальности мощной динамики развития ИИ и успехов медицины.

Заключение

Несколько важных выводов о роли искусственного интеллекта в глобальных кризисах в области здравоохранения, таких как пандемия COVID-19 делает A.Chang [1]:

1) эта пандемия выявила множество несоответствий в данных о здравоохранении, а также отсутствие обмена этими данными;

2) есть острая необходимость в динамичном клиническом научном подходе на основе обработки данных в реальном времени для предоставления информации лицам, осуществляющим лечение и уход, которая им остро необходима для оказания помощи больным инфекцией;

3) есть несоответствие между подходом науки о данных к эпидемиологии и сложной природой пандемии с ее высокой степенью человеческого поведения и биомедицинской неопределенности.

Чтобы искоренить пандемию, нужна упреждающая стратегия выявления и отслеживания случаев посредством массового скрининга в сочетании со сложным моделированием в реальном времени, а также инновационной терапевтической программой, ориентированной на ИИ. Цифровые технологии, в том числе блок-чейн, были и будут оставаться важной частью ответных мер общественного здравоохранения на COVID-19 с упором на наблюдение за населением

ем, выявление случаев, отслеживание контактов и мер сдерживания [24]; эти источники данных будут полезны для моделей прогнозирования. В результате можно будет отделять инфицированных людей от остального населения, сохраняя при этом как возможности больниц по уходу за больными, так и экономику для продолжения работы в разгар пандемии.

Нам нужен искусственный интеллект, который поможет выполнить эффективное вмешательство и разработать новые методы лечения в гораздо более короткие сроки. Эта основанная на ИИ взаимосвязь стратегии и результата с использованием глубокого обучения с подкреплением и нечеткого мышления, а также человеческого интеллекта минимизирует смертность при одновременном сохранении экономики.

Вирусы — это совершенная комплексная адаптивная система (complex adaptive system, CAS), поскольку эти машиноподобные автоматы самоорганизуются, преследуя общую цель (поиск живого хоста для копирования), и делают это без центрального лидера. Будущие пандемии вполне могут оказаться еще более опасными противниками, поскольку они станут еще более заразными и смертоносными.

Подобно синергии между клинической медициной и искусственным интеллектом, также необходим союз между глобальным здравоохранением и наукой о данных. COVID-19, самая большая пандемия со времен испанского гриппа 1918 года, — это мировая война нынешних поколений. Как прозорливо сказал основатель теории автоматов Алан Тьюринг: «...нужно проектировать машины для борьбы с машинами». Наш вирусный враг сегодня определенно похож на машину.

Литература / References

1. Anthony C. Chang. Artificial intelligence and COVID-19: Present state and future vision <https://doi.org/10.1016/j.ibmed.2020.100012>.
2. Хаджибаев А.М., Адылова Ф.Т., Касимов Х.М. Роль искусственного интеллекта в прогнозировании проблем COVID-19: аналитический обзор. Вестн экстренной мед. 2020;4:75-85. [Khadjibaev A.M., Adylova F.T., Kasimov Kh.M. Rol' iskusstvennogo intellekta v prognozirovanii problem COVID-19: analiticheskiy obzor» Vestnik ekstrennoy meditsiny. 2020;4:75-85. In Russ.]
3. Lalmuanawma S, Hussain J, Chhakchhuak L. Applications of machine learning and artificial intelligence for COVID-19 (SARS-CoV-2) pandemic: a review. *Chaos, Solit Fractals* 2020;139:110059.
4. <https://www1.racgp.org.au/news/gp/authors/matt-woodley>
5. <https://coronavirus.jhu.edu/404>
6. McCall B. COVID-19 and artificial intelligence: protecting healthcare workers and curbing the spread. *Lancet Digit Health*. 2020;2(4):166–167.
7. Holmdahl I, Buckee C. Wrong but useful- what COVID-19 epidemiological models can and cannot tell us. *N Engl J Med*. 2020;383:303–305.
8. Murray Christopher JL. et al IHME COVID, (2020) Forecasting covid-19 impact on hospital bed-days, ICU-days, ventilator-days and deaths by US state in the next 4 months. *MedRxiv*
9. Kandula S., Shaman J. Near-term forecasts of influenza-like illness: an evaluation of autoregressive time series approaches. *Epidemics*. 2019;27:41–51
10. Covid-19 cases and deaths forecasts. <https://covid-19.bsvgateway.org/>
11. Albahri O.S., Zaidan A.A., Albahri A.S. et al. Systematic review of artificial intelligence techniques in the detection and classification of COVID-19 medical images in terms of evaluation and benchmarking: taxonomy analysis, challenges, future solutions and methodological aspects. *J. Infect and Public Health*. 2020;42(11):204–212. S1876-0341(20030558-X.
12. Salehi A.W., Baglat P., Gupta G. Review on machine and deep learning models for the detection and prediction of Coronavirus. *Mater Today: Proceedings*. 2020;22 June.
13. Islam M.Z., Islam M.M., Asraf A.A. combined deep CNN-LSTM network for the detection of novel coronavirus (COVID-19) using X-ray images. *Inform Med Unlocked*. 2020;20:100412.
14. Shibly K.H., Dey S.K., Islam MTU. et al. COVID faster R-CNN: a novel framework to diagnosis novel coronavirus disease (COVID-19) in X-ray images. *Inform Med Unlocked*. 2020;20:100405.
15. Bharati S., Podder P., Hossain Mondal MR. Hybrid deep learning for detecting lung diseases from X-rays images. *Inform Med Unlocked*. 2020;20:100391.
16. Albahli S. Efficient GAN-based chest radiograph (CXR) augmentation to diagnose coro-

- navirus disease pneumonia. Int J Med Sci. 2020;17(10):1439–1448.
17. Laghi A. Cautions about radiologic diagnosis of COVID-19 infection driven by artificial intelligence. Lancet Dig Health. 2020;2(5):225.
 18. Peipeng Yu¹, Zhihua Xia¹, Jianwei Fei and Sunil Kumar Jha, An Application Review of Artificial Intelligence in Prevention and Cure of COVID-19 Pandemic Computers, Materials & Continua CMC 2020. 65(1):743-760.
 19. Augenblick N., Kolstad J., Obermeyer Z. et al. Group testing in a pandemic: the role of frequent testing, correlated risk, and machine learning. NBER working paper series. 2020;6:27457.
 20. Maleeha Naseem, Ramsha Akhund, Hajra Arshad, Muhammad Talal Ibrahim Exploring the Potential of Artificial Intelligence and Machine Learning to Combat
 21. COVID-19 and Existing Opportunities for LMIC: A Scoping Review. Journal of Primary Care & Community Health Volume. 2020;11:1–11.
 22. Mehra M.R., Desai Ss., Kuh S., et al. Cardiovascular disease, drug therapy, and mortality in COVID-19. N Engl J Med. 2020;382(25):102.
 23. Jiang X.G., Coffee M., Bari A. et al. Towards an artificial intelligence framework for data-driven prediction of coronavirus clinical severity. Comput Mater Continua (CMC). 2020;63(1):537–51.
 24. Cosgriff C.V., Ebner D.K., Celi L.A. Data sharing in the era of COVID-19. Lancet Dig Health 2020;2(5):224.
 25. Senior A.W., Evans R., Jumper J., et al. Improved protein structure prediction using potentials from deep learning. Nature. 2020;577:706–720.
 26. Mohanty S., Al Rashid M.H., Mridul M. et al. Application of artificial intelligence in COVID-19 drug repurposing. Diabet Metab Syndrome: Clin Res Rev. 2020;14:1027–1031.
 27. Ong E., Wong M.U., Huffman A. et al. COVID-19 coronavirus vaccine design using reverse vaccinology and machine learning. Front Immunol. 2020;11:1581.

СУНЪИЙ ИНТЕЛЛЕКТ ВА COVID-19: БУГУНГИ САБОҚЛАР ВА КЕЛАЖАК СЦЕНАРИЙСИ

А.М. Хаджибаев¹, Ф.Т. Адылова², Х.М. Касимов¹, Х.Э. Анваров¹

¹Республика шошилинич тиббий ёрдам илмий маркази

²Ўзбекистон Республикаси Фанлар академиясининг Романовский номидаги математика институти

Мақолада COVID-19 янги коронавирус инфекциясининг кечиши ва оғирлик даражасини башорат қилиш учун сунъий интеллектдан фойдаланиш, шу жумладан, ўткир нафас етишмовчилиги бўлган беморларда иккита фаннинг бирлашмасидаги ўзаро имконият ёритилган. Турли хил башоратлаш моделлари тажрибаси таҳлили намойиш этилиб, натижаларни муваффақиятлигини гарови аниқланди, касаллик тарқалишини олдини олиш стратегиясини ишлаб чиқишда машинани ўргатишининг ўрни ва роли тўғрисида фикр билдирилди.

Калит сўзлар: янги коронавирус инфекцияси, сунъий интеллект, башоратлаш.

Сведения об авторах

Хаджибаев Абдухаким Муминович – д.м.н., профессор, министр здравоохранения Республики Узбекистан.

Адылова Фатима Туйчиевна – д.т.н., профессор, заведующая лабораторией Института математики им. Романовского АН РУз.

Касимов Хамид Махмудович – к.т.н., координатор проекта Всемирного банка «Совершенствование служб экстренной медицинской помощи». Тел.: +99890 1743922.

Анваров Хикмат Эркинович – к.м.н., заместитель директора РНЦЭМП, e-mail: uzkhik@mail.ru.

Information about authors

Khadjibaev Abdukhakim Muminovich - Doctor of Medical Sciences, Professor, Health Minister of the Republic of Uzbekistan.

Adylova Fatima Tuychievna - Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of the Institute of Mathematics named after Romanovsky AS RUz.

Kasimov Hamid Mahmudovich - Ph.D., coordinator of the World Bank project "Improvement of emergency medical services".

Anvarov Khikmat Erkinovich - Candidate of Medical Sciences, Deputy Director of the RRCEM, e-mail: uzkhik@mail.ru.