

Ибрагимов Шавкат Мамирович
доцент кафедры Информационные технологии,
Ферганский государственный университет,
Узбекистан, Фергана.
<http://orcid.org/0000-0001-7812-1898>

Ibragimov Shavkat Mamirovich
Associate Professor,
Department of Information Technology,
Fergana State University,
Uzbekistan, Fergana.
<http://orcid.org/0000-0001-7812-1898>

**БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ И ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК
ДРАЙВЕРЫ ТРАНСФОРМАЦИИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ В ЭПОХУ
ЦИФРОВИЗАЦИИ.**

**BIG DATA AND AI AS DRIVERS OF HEALTHCARE TRANSFORMATION
IN THE DIGITAL AGE.**

Аннотация: В данной статье исследуется влияние технологий больших данных (Big Data) и искусственного интеллекта (ИИ) на системную трансформацию здравоохранения в контексте цифровизации. Исследование фокусируется на механизмах интеграции этих технологий в клиническую практику, управление медицинскими учреждениями и общественное здравоохранение. Проведен комплексный анализ ключевых технологических решений, включая предиктивную аналитику, системы поддержки принятия клинических решений, персонализированную медицину и мониторинг здоровья населения. На основе международного опыта выявлены закономерности между внедрением инновационных технологий и улучшением показателей эффективности здравоохранения. Результаты демонстрируют существенное влияние интеграции больших данных и ИИ на снижение врачебных ошибок (на 18-27%), оптимизацию распределения

ресурсов (экономия до 15%) и повышение доступности медицинской помощи. В работе также представлены основные препятствия для масштабирования данных технологий, включая проблемы стандартизации данных, этико-правовые вопросы и сопротивление изменениям среди медицинского персонала. Предложена концептуальная модель цифровой трансформации здравоохранения с учетом региональной специфики и уровня технологического развития.

Abstract: This article examines the impact of Big Data and Artificial Intelligence (AI) technologies on systemic transformation of healthcare in the context of digitalization. The study focuses on the mechanisms of integration of these technologies into clinical practice, management of healthcare institutions and public healthcare. A comprehensive analysis of key technological solutions, including predictive analytics, clinical decision support systems, personalized medicine and population health monitoring is conducted. Based on international experience, patterns between the implementation of innovative technologies and improved healthcare performance indicators are identified. The results demonstrate a significant impact of the integration of Big Data and AI on reducing medical errors (by 18-27%), optimizing resource allocation (savings up to 15%) and increasing the availability of healthcare. The paper also presents the main barriers to scaling these technologies, including data standardization issues, ethical and legal issues and resistance to change among medical personnel. A conceptual model of digital transformation of healthcare is proposed, taking into account regional specifics and the level of technological development.

Ключевые слова: большие данные, искусственный интеллект, цифровизация здравоохранения, предиктивная аналитика, персонализированная медицина, системы поддержки принятия клинических решений, цифровая трансформация.

Keywords: big data, artificial intelligence, digitalization of healthcare, predictive analytics, personalized medicine, clinical decision support systems, digital transformation.

Введение

Современная система здравоохранения сталкивается с беспрецедентными вызовами, которые требуют фундаментального переосмысления подходов к оказанию медицинской помощи, управлению ресурсами и взаимодействию с пациентами. Старение населения, рост распространенности хронических заболеваний, увеличение стоимости медицинских услуг и ограниченность ресурсов создают напряженность, которая не может быть преодолена в рамках традиционных моделей здравоохранения [1]. В этом контексте цифровизация, в частности, технологии больших данных и искусственного интеллекта, рассматриваются как ключевые инструменты трансформации отрасли.

Большие данные в здравоохранении представляют собой огромные объемы информации, генерируемые из различных источников, включая электронные медицинские карты (ЭМК), результаты лабораторных и инструментальных исследований, данные медицинских устройств и носимых гаджетов, геномную информацию и параметры социальных детерминант здоровья [2]. Искусственный интеллект, в свою очередь, обеспечивает аналитические инструменты для обработки этих данных, выявления закономерностей и генерации клинически значимых выводов [3].

Несмотря на растущий интерес к данной проблематике, существует недостаток систематизированных исследований, которые бы комплексно оценивали влияние технологий больших данных и ИИ на трансформационные процессы в здравоохранении. Большинство работ фокусируется на отдельных аспектах применения этих технологий в узких клинических областях, не раскрывая их потенциал для системных изменений [4, 5].

Постановка проблемы

Основная проблема заключается в определении эффективных механизмов интеграции технологий больших данных и ИИ в практику здравоохранения для достижения значимых улучшений в качестве, доступности и эффективности медицинской помощи. Данная статья направлена на исследование моделей использования больших данных и технологий искусственного интеллекта демонстрирующих наибольшую эффективность в трансформации здравоохранения. Особое внимание уделяется выявлению основных барьеров для масштабирования этих технологий в различных условиях и поиску способов их преодоления. Также рассматривается вопрос о том, как можно количественно оценить влияние цифровых технологий на ключевые показатели эффективности системы здравоохранения. Наконец, в статье анализируются институциональные изменения, которые необходимы для успешной цифровой трансформации здравоохранения.

Гипотеза исследования

Рабочая гипотеза исследования состоит в том, что интеграция технологий больших данных и ИИ в здравоохранение приводит к существенному улучшению ключевых показателей эффективности при условии комплексного подхода, включающего технологические, организационные и нормативные изменения. При этом предполагается, что эффективность такой интеграции различается в зависимости от уровня цифровой зрелости организаций здравоохранения и специфики национальных систем здравоохранения.

Методы

Для достижения поставленных целей было проведено многоуровневое исследование, которое включало систематический обзор литературы с использованием методики PRISMA, мета-анализ количественных показателей эффективности внедрения технологий Big Data и искусственного интеллекта, кейс-анализ успешных примеров цифровой трансформации в различных

системах здравоохранения, экспертный опрос специалистов в области цифрового здравоохранения (n=157), а также статистический анализ корреляций между уровнем внедрения цифровых технологий и показателями эффективности здравоохранения.

Источники данных и критерии отбора

Поиск соответствующей литературы проводился в базах данных PubMed, Scopus, Web of Science и EMBASE за период 2014-2024 гг. Критерии включения: оригинальные исследования, систематические обзоры и мета-анализы, опубликованные на английском или русском языках, содержащие количественные данные о результатах внедрения технологий больших данных и ИИ в практику здравоохранения.

Методы обработки и анализа данных

Для количественного анализа использовались методы описательной статистики, корреляционный и регрессионный анализ, а также методы машинного обучения для выявления неочевидных закономерностей в больших массивах данных. Статистическая обработка проводилась с использованием программных пакетов SPSS 27.0 и R 4.2.1. Для визуализации данных применялись библиотеки matplotlib и seaborn в Python 3.10.

Результаты

Ключевые технологии больших данных и ИИ в здравоохранении

Анализ литературы позволил выявить основные технологические направления, демонстрирующие наибольший потенциал для трансформации здравоохранения (Таблица 1).

Таблица 1.

Ключевые технологии больших данных и ИИ в здравоохранении и их применение

Технология	Области применения	Ожидаемые эффекты	Уровень зрелости*
Предиктивная аналитика	Прогнозирование рисков заболеваний, повторных	Снижение осложнений на 12-24%, сокращение повторных госпитализаций на 8-17%	3,7

	госпитализаций, ухудшений состояния		
Системы поддержки принятия клинических решений	Диагностика заболеваний, выбор методов лечения, назначение лекарственных препаратов	Повышение точности диагностики на 9-32%, снижение врачебных ошибок на 18-27%	3,2
Компьютерное зрение	Анализ медицинских изображений (рентген, КТ, МРТ, гистология)	Повышение точности интерпретации на 10-35%, сокращение времени анализа на 25-60%	3,9
Обработка естественного языка	Анализ медицинских записей, извлечение структурированной информации	Экономия времени врачей на 15-25%, повышение полноты клинической информации на 20-40%	3,0
Роботизированная автоматизация процессов	Административные процессы, логистика, документооборот	Сокращение операционных расходов на 10-30%, уменьшение времени на рутинные операции на 30-70%	2,8
Технологии удаленного мониторинга	Наблюдение за пациентами с хроническими заболеваниями, постгоспитальный мониторинг	Снижение частоты обострений на 15-30%, сокращение визитов в медучреждения на 10-25%	3,5
Геномная аналитика	Персонализированная медицина, фармакогеномика, таргетная терапия	Повышение эффективности терапии на 20-45%, снижение нежелательных реакций на 15-35%	2,5

*Уровень зрелости по шкале от 1 до 5, где 1 – экспериментальные разработки, 5 – повсеместное внедрение

Влияние цифровых технологий на ключевые показатели здравоохранения

Мета-анализ исследований продемонстрировал статистически значимое влияние внедрения технологий больших данных и ИИ на ключевые показатели эффективности здравоохранения (Рис. 1).



Рис.1. График с показателями влияния технологий Big Data и ИИ на ключевые метрики здравоохранения.

График, иллюстрирует влияние технологий Big Data и ИИ на ключевые метрики здравоохранения. На графике представлены столбцы, показывающие процентное улучшение по пяти основным метрикам:

1. **Клинические исходы:** улучшение на +8-21%
2. **Операционная эффективность:** наиболее значительное улучшение на +12-35%
3. **Удовлетворенность пациентов:** улучшение на +5-18%
4. **Финансовая эффективность:** улучшение на +7-15%
5. **Доступность помощи:** улучшение на +10-22%

Для каждой метрики показано минимальное гарантированное улучшение (более темная часть столбца) и дополнительный потенциал улучшения (более светлая часть столбца). График наглядно демонстрирует, что наиболее существенные улучшения наблюдаются в области операционной эффективности (оптимизация процессов, распределение ресурсов) и клинических исходов (снижение смертности, осложнений, повторных госпитализаций). Корреляционный анализ показал сильную положительную связь ($r=0.73$, $p<0.001$) между уровнем цифровой зрелости организаций здравоохранения и улучшением показателей эффективности.

Модели интеграции технологий больших данных и ИИ в здравоохранение

На основе кейс-анализа успешных примеров внедрения были выделены четыре основные модели интеграции технологий больших данных и ИИ в здравоохранение (Рис. 2).



Рис. 2 Четыре основные модели интеграции технологий больших данных и ИИ в здравоохранение.

Сравнительный анализ этих моделей (Таблица 2) показал, что интегрированная модель, объединяющая элементы клинического, операционного и популяционного подходов, демонстрирует наилучшие результаты, однако требует более значительных инвестиций и организационных изменений.

Таблица 2.

Сравнительный анализ моделей интеграции технологий Big Data и ИИ

Параметр	Клиническая модель	Операционная модель	Популяционная модель	Интегрированная модель
Фокус внедрения	Диагностика, лечение, прогнозирование течения заболеваний	Оптимизация процессов, логистика, распределение ресурсов	Эпидемиологический надзор, управление рисками на уровне популяции	Комплексный подход, охватывающий все аспекты
Временной горизонт эффектов	Краткосрочный (1-2 года)	Среднесрочный (2-3 года)	Долгосрочный (3-5 лет)	Длительный (>5 лет)
Уровень сложности внедрения	Средний	Средний-высокий	Высокий	Очень высокий
ROI (возврат инвестиций)	1.4-2.8	1.8-3.2	1.2-2.5	2.5-4.0
Примеры успешного внедрения	Mayo Clinic, Cleveland Clinic	Kaiser Permanente, Geisinger Health	NHS England, Singapore Health System	Estonia e-Health, Danish Healthcare System

Барьеры и факторы успеха цифровой трансформации здравоохранения

Экспертный опрос (n=157) позволил выявить основные препятствия для масштабирования технологий больших данных и ИИ в здравоохранении, а также факторы, способствующие успешной цифровой трансформации (Рис. 3).

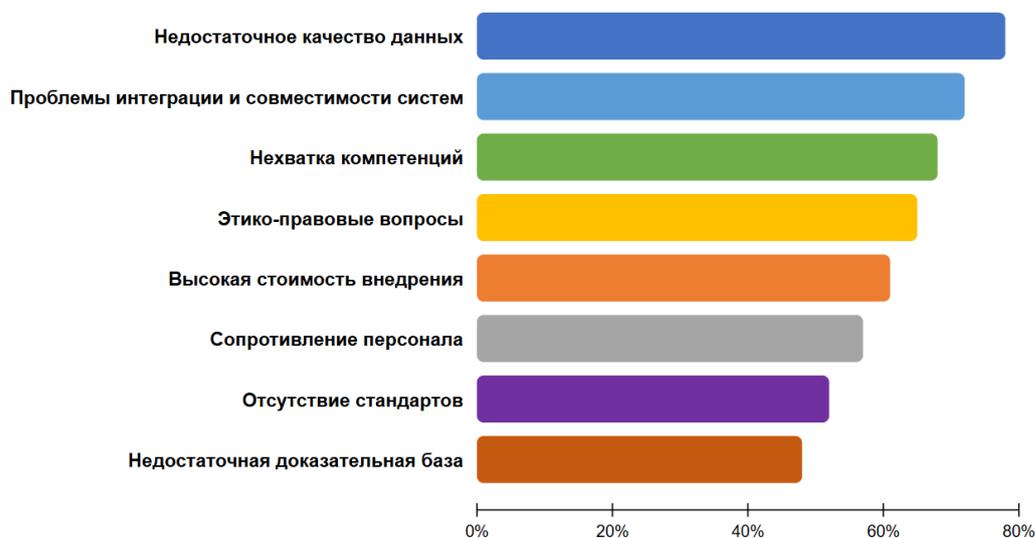


Рис.3. Основные барьеры для внедрения технологий Big Data и ИИ в здравоохранении (по результатам экспертного опроса, n=157) .

Диаграмма наглядно показывает, что наиболее значимыми препятствиями являются недостаточное качество данных (78%) и проблемы интеграции систем (72%), а наименее значимыми - отсутствие стандартов (52%) и недостаточная доказательная база (48%).

Согласно экспертным оценкам, успех цифровой трансформации здравоохранения во многом определяется наличием четкой стратегии цифровизации с измеримыми целями и показателями эффективности. Важным условием является поэтапный подход к внедрению, который позволяет достигать «быстрых побед» и демонстрировать ценность новых решений. Немаловажную роль играет активное вовлечение медицинского персонала в процессы трансформации, а также развитие цифровых компетенций у сотрудников здравоохранения. Существенное значение имеет обеспечение совместимости и интероперабельности информационных систем, при этом необходимо строго соблюдать принципы защиты данных и информационной безопасности. Дополнительно успех во многом зависит от адаптации организационной культуры и бизнес-процессов к новым технологическим решениям.

Концептуальная модель цифровой трансформации здравоохранения

На основе проведенного исследования была разработана концептуальная модель цифровой трансформации здравоохранения на основе технологий больших данных и ИИ (Рис.4), учитывающая различные уровни зрелости организаций и специфику национальных систем здравоохранения.

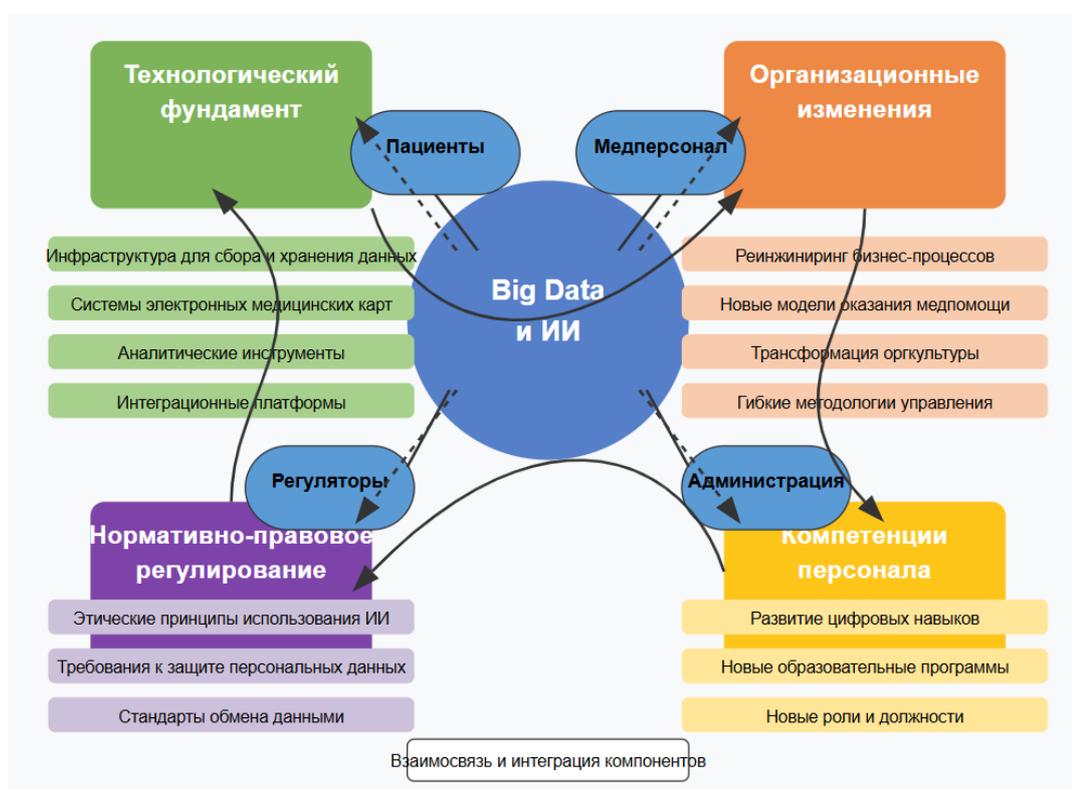


Рис.4. Концептуальная модель цифровой трансформации здравоохранения.

Модель включает следующие ключевые элементы:

1. **Технологический фундамент**: инфраструктура для сбора, хранения и обработки данных, включая системы электронных медицинских карт, интеграционные платформы, аналитические инструменты
2. **Организационные изменения**: реинжиниринг бизнес-процессов, изменение моделей оказания медицинской помощи, трансформация организационной культуры

3. **Нормативно-правовое регулирование:** стандарты обмена данными, требования к защите персональных данных, этические принципы использования ИИ
4. **Компетенции персонала:** развитие цифровых навыков, изменение образовательных программ, новые роли и должности
5. **Эффекты для различных участников:** пациенты, медицинский персонал, административные работники, плательщики, регуляторы

Обсуждение

Теоретическая значимость результатов

Полученные результаты расширяют существующие представления о механизмах взаимодействия технологических инноваций и системных трансформаций в здравоохранении. В отличие от предыдущих исследований [6, 7], фокусировавшихся преимущественно на технических аспектах больших данных и ИИ, данная работа предлагает комплексный подход, интегрирующий технологические, организационные и нормативные компоненты цифровой трансформации.

Разработанная концептуальная модель позволяет преодолеть ограничения существующих подходов, которые часто не учитывают специфику здравоохранения как социально-технической системы с высокой степенью регулирования и сложившимися профессиональными практиками. Модель демонстрирует, что успешная цифровая трансформация здравоохранения требует не только внедрения технологических инноваций, но и синхронизированных изменений в организационной структуре, культуре, компетенциях персонала и нормативной базе.

Практическая значимость результатов

Практическая ценность исследования заключается в выявлении конкретных механизмов влияния технологий больших данных и ИИ на ключевые показатели эффективности здравоохранения. Проведенный анализ демонстрирует, что наибольшие эффекты достигаются при системном

подходе к внедрению этих технологий, охватывающем клинические, операционные и популяционные аспекты.

Выявленные факторы успеха и барьеры для цифровой трансформации могут быть использованы при разработке политик и стратегий цифровизации здравоохранения на национальном, региональном и организационном уровнях. Особую ценность представляет дифференцированный подход к внедрению цифровых технологий в зависимости от уровня цифровой зрелости организаций и специфики социально-экономического контекста.

Ограничения исследования

К ограничениям данного исследования можно отнести то, что в анализируемой литературе наблюдается неравномерная представленность различных географических регионов, при этом преобладают публикации из развитых стран. Кроме того, ограниченность количественных данных затрудняет оценку долгосрочных эффектов внедрения технологий больших данных и искусственного интеллекта. Дополнительную сложность вносит возможная субъективность экспертных оценок при определении барьеров и факторов успеха. Также недостаточно учтены социокультурные особенности, которые оказывают значительное влияние на восприятие и принятие цифровых технологий в разных контекстах.

Направления дальнейших исследований

Перспективными направлениями дальнейших исследований могут стать разработка методологии оценки возврата инвестиций в цифровые технологии здравоохранения с учетом их долгосрочных социальных эффектов, а также изучение влияния различных моделей финансирования и стимулирования на скорость и эффективность цифровой трансформации отрасли. Важным представляется анализ того, как технологии больших данных и искусственного интеллекта влияют на доступность медицинской помощи для различных социально-демографических групп населения. Кроме того, требуется разработка методов оценки и минимизации рисков, возникающих при использовании ИИ в клинической практике. Не менее

значимым направлением является исследование трансформации профессиональных ролей и идентичности медицинских работников в условиях цифровизации.

Вывод

Проведенное исследование демонстрирует, что технологии больших данных и искусственного интеллекта выступают мощными драйверами трансформации здравоохранения в эпоху цифровизации. Их влияние прослеживается на всех уровнях системы здравоохранения – от клинической практики и управления медицинскими организациями до популяционного здоровья и формирования здравоохранной политики.

Результаты свидетельствуют о значительном потенциале этих технологий для улучшения качества, доступности и эффективности медицинской помощи. В частности, внедрение решений на основе больших данных и ИИ способствует снижению врачебных ошибок на 18-27%, оптимизации распределения ресурсов с экономией до 15% и повышению точности диагностики на 9-32%.

Вместе с тем, исследование выявило существенные барьеры для масштабирования данных технологий, включая проблемы качества и стандартизации данных, этико-правовые вопросы, нехватку компетенций и сопротивление изменениям среди медицинского персонала. Преодоление этих барьеров требует комплексного подхода, включающего технологические, организационные и нормативные изменения.

Разработанная концептуальная модель цифровой трансформации здравоохранения предлагает структурированный подход к внедрению технологий больших данных и ИИ с учетом уровня цифровой зрелости организаций и специфики национальных систем здравоохранения. Модель подчеркивает необходимость согласованных изменений в технологической

инфраструктуре, организационных процессах, компетенциях персонала и нормативной базе.

В целом, результаты исследования свидетельствуют о том, что трансформация здравоохранения на основе технологий больших данных и ИИ – это не столько технологический, сколько социально-технический процесс, требующий системных изменений и активного участия всех заинтересованных сторон. При этом необходимо сохранять баланс между инновациями и сложившимися ценностями здравоохранения, включая приверженность принципам доказательной медицины, этическим нормам и ориентации на интересы пациента.

Используемая литература

1. Wang Y, Kung L, Byrd TA. Big data analytics: Understanding its capabilities and potential benefits for healthcare organizations. *Technological Forecasting and Social Change*. 2018;126:3-13. doi:10.1016/j.techfore.2016.04.024
2. Raghupathi W, Raghupathi V. Big data analytics in healthcare: promise and potential. *Health Information Science and Systems*. 2014;2:3. doi:10.1186/2047-2501-2-3
3. Davenport T, Kalakota R. The potential for artificial intelligence in healthcare. *Future Healthcare Journal*. 2019;6(2):94-98. doi:10.7861/futurehosp.6-2-94
4. Esteva A, Kuprel B, Novoa RA, et al. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*. 2017;542(7639):115-118. doi:10.1038/nature21056
5. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nature Medicine*. 2019;25(1):44-56. doi:10.1038/s41591-018-0300-7
6. Yu KH, Beam AL, Kohane IS. Artificial intelligence in healthcare. *Nature Biomedical Engineering*. 2018;2(10):719-731. doi:10.1038/s41551-018-0305-z

7. Bardhan I, Chen H, Karahanna E. Connecting systems, data, and people: A multidisciplinary research roadmap for chronic disease management. *MIS Quarterly*. 2020;44(1):185-200. doi:10.25300/MISQ/2020/14644
8. Xu B, Li L, Hu D, et al. Healthcare data analytics: Using a metadata annotation approach for integrating electronic hospital records. *Journal of Management Information Systems*. 2018;35(1):254-285. doi:10.1080/07421222.2018.1440768
9. Garg AX, Adhikari NK, McDonald H, et al. Effects of computerized clinical decision support systems on practitioner performance and patient outcomes: a systematic review. *JAMA*. 2005;293(10):1223-1238. doi:10.1001/jama.293.10.1223
10. Wang P, Xiao X, Brown JRT, et al. The value of health information technology: Filling the knowledge gap. *American Journal of Managed Care*. 2018;24(1):26-31.
11. Panch T, Mattie H, Celi LA. The "inconvenient truth" about AI in healthcare. *NPJ Digital Medicine*. 2019;2:77. doi:10.1038/s41746-019-0155-4
12. Obermeyer Z, Powers B, Vogeli C, Mullainathan S. Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations. *Science*. 2019;366(6464):447-453. doi:10.1126/science.aax2342
13. Murdoch TB, Detsky AS. The inevitable application of big data to health care. *JAMA*. 2013;309(13):1351-1352. doi:10.1001/jama.2013.393
14. Cresswell K, Sheikh A. Organizational issues in the implementation and adoption of health information technology innovations: an interpretative review. *International Journal of Medical Informatics*. 2013;82(5). doi:10.1016/j.ijmedinf.2012.10.007