



БУДУЩИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В МЕДИЦИНЕ

Муйдинов Фирузжон Фарходжонович

Ферганский медицинский институт общественного здоровья, старший преподаватель

firuzjon7727@gmail.com

+998911287727

Orcid ID: 0000-0002-7936-2543

MAQOLA HAQIDA

Qabul qilindi: 24-sentabr 2024-yil

Tasdiqlandi: 26-sentabr 2024-yil

Jurnal soni: 12

Maqola raqami: 27

DOI: <https://doi.org/10.54613/ku.v12i.1005>

KALIT SO'ZLAR / КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА / KEYWORDS

искусственный интеллект, медицина, диагностика, персонализированное лечение, мониторинг здоровья, медицинские технологии, большие данные, этика ИИ.

ANNOTATSIIYA / АННОТАЦИЯ / ANNOTATION

Данная статья посвящена изучению будущих возможностей применения искусственного интеллекта (ИИ) в медицине и здравоохранении. Искусственный интеллект становится неотъемлемой частью современной медицины, предоставляя новые возможности для диагностики, лечения и профилактики заболеваний. В статье рассматриваются ключевые направления, в которых ИИ оказывает значительное влияние на медицинскую науку, включая точную диагностику, персонализированную медицину, мониторинг состояния пациентов и развитие новых лекарств.

ИИ способен анализировать большие объемы данных и выявлять скрытые закономерности, что помогает в раннем обнаружении заболеваний, прогнозировании их течения и разработке индивидуальных терапевтических планов. Применение ИИ в медицинской визуализации, генетических исследованиях и роботизированной хирургии позволяет существенно повысить точность и эффективность лечения. Статья также поднимает вопросы этики, безопасности данных и взаимодействия человека и ИИ, которые играют важную роль в будущем развитии технологий.

Введение. Искусственный интеллект (ИИ) использовался в различных формах и уровнях для улучшения и развития широкого спектра сфер, таких как банковские и финансовые рынки, образование, цепочки поставок, производство, розничная торговля и электронная коммерция, а также здравоохранение. В технологической отрасли ИИ стал важным помощником для многих новых бизнес-инноваций. К ним относятся веб-поиск (например, Google), рекомендации контента (например, Netflix), рекомендации продукта (например, Amazon), целевая реклама (например, Facebook) и автономные автомобили (например, Tesla).

Каждый день люди пользуются преимуществами систем искусственного интеллекта. Начиная от беспампных писем, которые поступают в нашу электронную почту, до умных часов, которые используют данные датчиков акселерометра для дифференциации простых движений и аэробной активности, и покупок товаров на сайтах онлайн-покупок, таких как Amazon, которые рекомендуют нам продукты на основе наших предыдущих записей покупок. Эти примеры иллюстрируют использование ИИ в различных областях, таких как технологии и розничная торговля. ИИ изменил нашу повседневную жизнь, это повлияло на то, как мы воспринимаем и обрабатываем информацию.

Эта статья направлена на представление различных аспектов искусственного интеллекта, относящихся к медицинским наукам. В статье акцентируется внимание на прошлых и настоящих приложениях в медицинских науках, а также демонстрируются компании, которые в настоящее время используют системы искусственного интеллекта в сфере здравоохранения. Кроме того, данная статья завершается подчеркиванием важности междисциплинарного

сотрудничества, которое приводит к созданию систем нравственного, беспристрастного искусственного интеллекта.

Что такое ИИ?

ИИ - это масштабная отрасль информатики, которая занимается созданием интеллектуальных машин, способных выполнять задачи, которые обычно требуют человеческого разума. Некоторые приложения ИИ включают автоматизированные интерфейсы для визуального восприятия, определения речи, принятия решений и перевода между языками. ИИ является междисциплинарной наукой.

Термин СИ впервые был представлен широкой публике в 1956 году, когда американский компьютерный ученый Джон Маккарти и другие организовали Дартмутскую конференцию. Предыдущие работы в области искусственного интеллекта включают тест Тьюринга, предложенный Аланом Тьюрингом¹ в качестве меры машинного интеллекта, и программу для игры в шахматы, написанную Дитрихом Принцем.

Искусственные интеллектуальные системы здравоохранения имеют следующую типичную схему. Такая система начинается с большого объема данных, в которых используются алгоритмы машинного обучения для получения необходимой информации, затем эти данные используются для создания полезных результатов для решения четко определенной проблемы в медицинской системе. На рис. 1 изображен обычный рабочий процесс решения СИ. Применение искусственного интеллекта в области медицинских наук включает адаптацию симптомов пациента к соответствующему врачу, диагностику пациента, прогноз пациента, изобретение лекарства, помощника бота, который может переводить языки, транскрипцию записей, упорядочивание изображений и файлов и т. д.



Рис. 1. Развитие модели искусственного интеллекта

История искусственного интеллекта в области медицины Значительный прогресс достигнут в использовании систем искусственного интеллекта в диагностике пациентов. Например, в области визуально-

ориентированных специальностей, таких как дерматология² данные клинической визуализации были использованы Эстево³, Хеклером и другими, с целью разработки классификационных моделей для оказания помощи врачам в

¹ Obermeyer, Z., & Emanuel, E. J. (2016). "Predicting the future — big data, machine learning, and clinical medicine." *New England Journal of Medicine*, 375(13), 1216–1219. doi:10.1056/NEJMp1606181.

² Amisha, Malik, P., Pathania, M., & Rathaur, V. K. (2019). "Overview of artificial intelligence in medicine." *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 8(7), 2328–2331. doi:10.4103/jfmpc.jfmpc_440_19.

³ Chen, M., Decary, M., & Artificial Intelligence in Healthcare (2020). "Artificial intelligence in healthcare: An essential guide for health leaders." *Healthcare Management Forum*, 33(1), 10–18. doi:10.1177/0840470419869038.

диагностике рака кожи, кожных поражений и псориаза. В частности, Эстева⁴ изучила классификацию изображений на одну из двух категорий (также известную как проблема двоичной классификации при машинном исследовании) - карциномы кератиноцитов, или себорейковой кератозмы, и злокачественной меланомы, или добропорядочного невуса, используя модель глубокой конволюционной нейронной сети (DCNN), используя 129 450 изображений. Вскоре они обнаружили, что DCNN добилась работы на уровне 21 сертифицированного совета дерматолога. Их исследования показали, что системы искусственного интеллекта способны классифицировать и диагностировать рак кожи в короткие сроки по сравнению с квалифицированными врачами-дерматологами, которые опираются на диагнозы пациентов, проживших многие годы в медицинской школе и собравшихся в течение длительного времени.

Обзор литературы. Много сделано и в области ИИ и прогноза пациента. Например, исследователи Google⁵ разработали и изучили DSN с использованием изображения фонда глаза 128,175 для классификации диабетической ретинопатии и опухоли макулы у взрослых с диабетом. Существование такой искусственно интеллектуальной модели имеет несколько преимуществ, например:

- Автоматизированная классификация диабетической ретинопатии, которая приводит к повышению эффективности диагностики большого количества пациентов в короткие сроки;
- Служить вторым офтальмологом;
- Умение на ранних стадиях выявлять диабетическую ретинопатию, которую невозможно для человеческого офтальмолога, изучать изображения модели на уровне мелких деталей;
- Широкий спектр скрининговых программ, снижающих барьеры.

Были сделаны большие шаги в применении систем ИИ в открытии лекарств⁶ и предоставлении возможностей персонализированного лечения.⁷ Такие компании, как Verge Genomics, сосредоточены на анализе геномных данных человека и применении алгоритмов машинного обучения для определения лекарств для экономически эффективной борьбы с неврологическими заболеваниями, такими как Паркинсон, Альцгеймер и амиотрофический латеральный склероз (АЛС).

Системы искусственного интеллекта также используются для улучшения опыта обслуживания пациентов в сфере здравоохранения, оказания помощи врачам путем ухода за пациентами и использования помощников ИИ. Такие компании, как BotMD, создали системы круглосуточной помощи по следующим клиническим вопросам:

- мгновенно найти, какие врачи звонят, и спланировать следующую доступную встречу; Система ИИ также может искать несколько систем планирования в разных больницах
- Отвечать на вопросы по рецептам, такие как наличие лекарственных средств и экономичные альтернативные лекарства
- Помощь врачам в поиске больничного протокола, перечня доступных клинических средств и доступных лекарств с помощью мобильного приложения, тем самым улучшая рабочий процесс в больнице.

Компании, использующие ИИ в медицинских науках

Методология. В таблице 1 ниже приведены несколько сотен компаний, которые проводят исследования по разработке систем искусственного интеллекта в области технологий, здравоохранения и аптек и их применению в промышленности здравоохранения. Кроме того, применение систем искусственного интеллекта в здравоохранении можно разделить на три категории⁸ (для компаний в таблице 1 также отмечен тип системы ИИ):

Таблица 1 Некоторые крупные компании по всему миру используют искусственный интеллект в медицинских науках.

Компания	Цель	Веб-сайт
AiCure (Нью-Йорк) Ориентированность на пациента	Использует видео, аудио и поведенческие данные, чтобы лучше понять связь между пациентами, заболеванием и лечением.	https://aicure.com
Aidence (Амстердам, Нидерланды) Ориентирован на клиницистов	ИИ для рентгенологов: улучшение диагностики для лечения рака легких	https://www.aidence.com
Aiva Health (Лос-Анджелес) Административная и операционная направленность	Первый помощник по уходу с голосовым управлением: соединяет пациентов с нужным врачом для связи.	https://aivahealth.com
Babylon Health (Лондон) Административная и оперативная направленность	Использует НЛП и искусственный интеллект для создания доступной и недорогой системы здравоохранения для всех на международном уровне.	https://www.babylonhealth.com
Bot MD (Сингапур) Ориентирован на клинициста	Бот-помощник: отвечает на клинические вопросы, расшифровывает продиктованные истории болезни и автоматически упорядочивает изображения и файлы.	https://www.botmd.io/en/
Суки (Сан-Франциско) Ориентирован на клинициста	Цифровой помощник с голосовой поддержкой для врачей	https://www.suki.ai
Insitro (Сан-Франциско) Ориентированность на пациента	Использует передовое машинное обучение с вычислительной геномикой, чтобы сократить время и затраты, связанные с разработкой лекарств для пациентов.	http://insitro.com/

Таблица 1. Типы систем ИИ для компаний

Использование искусственного интеллекта в настоящее время

Последнее применение искусственного интеллекта в глобальном здравоохранении - отслеживание контактов и прогнозирование новых "горячих точек" с использованием

⁴ Reddy, S., Fox, J., & Purohit, M. P. (2019). "Artificial intelligence-enabled healthcare delivery." *Journal of the American Board of Family Medicine*, 32(3), 453–460. doi:10.3122/jabfm.2019.03.180247.

⁵ Yu, K. H., Beam, A. L., & Kohane, I. S. (2018). "Artificial intelligence in healthcare." *Nature Biomedical Engineering*, 2(10), 719–731. doi:10.1038/s41551-018-0305-z.

⁶ Chen, M., Decary, M., & Artificial Intelligence in Healthcare (2020). "Artificial intelligence in healthcare: An essential guide for health leaders." *Healthcare Management Forum*, 33(1), 10–18. doi:10.1177/0840470419869038.

⁷ Rajpurkar, P., Irvin, J., Ball, R. L., et al. (2018). "Deep learning for chest radiograph diagnosis: A retrospective comparison of the CheXNeXt algorithm to practicing radiologists." *PLoS Medicine*, 15(11), e1002686. doi:10.1371/journal.pmed.1002686.

⁸ Amisha, Malik, P., Pathania, M., & Rathaur, V. K. (2019). "Overview of artificial intelligence in medicine." *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 8(7), 2328–2331. doi:10.4103/jfmpc.jfmpc_440_19.

данных авиапассажиров для борьбы с новой пандемией коронавируса (COVID-19).

Контактное наблюдение - это мера контроля заболеваний, применяемая государственными органами для ограничения распространения заболевания. Поиск контактов работает путем связи и информирования лиц контактировавших с инфицированным человеком, и перевода их на карантин для предотвращения дальнейшего распространения заболевания. По сообщению Apple Newsroom⁹, такие технологические гиганты, как Google и Apple, объединились для создания платформы для отслеживания контактов, которая использует системы искусственного интеллекта, используя интерфейсы прикладного программирования, обычно называемые API на смартфонах. Платформа позволяет пользователям, выбравшим регистрацию, сообщать о результатах лаборатории. Услуги определения местоположения позволяют платформе связаться с людьми, находящимися вблизи инфицированного человека.

Канадская компания BlueDot создает программу по предотвращению эпидемии, которая снижает риск заражения инфекционными заболеваниями.¹⁰ BlueDot опубликовала первую научную работу о COVID-19, которая точно предсказала глобальное распространение вируса¹¹. Компания использует такие методы, как обработка естественного языка (NLP), машинное обучение (ML) и автоматизированный контроль инфекционных заболеваний, ежедневно анализирует около 100 000 статей из более чем 65 стран, подчеркивая, что маршруты путешествий и маршруты полетов, климат, температуру и климат региона, даже местный скот помогают прогнозировать будущие эпидемии.

Результаты. *Миф и реальность в искусственном интеллекте*

Есть большая надежда, что ИИ может развивать сферу здравоохранения различными путями: не только диагностировать пациентов, прогнозировать пациентов, изобретать лекарства, но и служить помощником врача и предоставлять более лучшие и адаптированные услуги, опыт работы с пациентами. Эти ожидания проистекают из некоторых успешных применений искусственного интеллекта в здравоохранении. В то же время существуют одновременно недостоверные предположения о том, что может сделать искусственный интеллект и как выглядит сфера здравоохранения в будущем.

Доктор Энтони Чанг был одним из приглашенных докладчиков на конференцию Общества искусственного интеллекта в медицине (SIME) в Познани, Польша в 2019 году, где он представил доклад под названием "Широко распространенные заблуждения по искусственному интеллекту в медицине и направления будущего: врач-специалист по данным." Ниже мы перечислим два самых распространенных мифа, связанных с использованием искусственных интеллектуальных систем в здравоохранении.

1. Клиники заменяются искусственным интеллектом:

Хотя никто не может полностью предсказать будущее, правда в том, что врачи, которые понимают роль искусственного интеллекта в здравоохранении, вероятно, будут иметь преимущество в своей деятельности. Например, Американский колледж радиологии (ACR) опубликовал следующее объявление о трудоустройстве радиолога:

<https://jobs.acr.org/job/radiologist-for-teleradiology-SI-practice/50217408/>

Перечислены два требования к работе:

- иметь сертификат Американского совета по радиологии.
- Радиологи должны быть энергичными, хорошо обученными рентгенологами, которые поддерживают искусственный интеллект мирового уровня.

2. Для успешного использования ИИ необходимы знания программирования:

Использование ИИ в любой сфере образования состоит из множества компонентов, и программирование - только один из них. Для дальнейшего роста, развития и успеха приложений ИИ в здравоохранении врачи и ученые должны продолжать сотрудничество для создания систем ИИ содержательной информации. Врачи должны понимать, что может сделать ИИ, и оценивать, как можно улучшить их роль с помощью ИИ. Врачи должны передать эту информацию специалистам по данным, которые могут построить систему искусственного интеллекта. На этом сотрудничестве не заканчивается. Врачи и ученые должны совместно определить, какие данные следует использовать для изучения модели, и, кроме того, после создания модели ее функционирование должно быть проанализировано и интерпретировано, что требует сотрудничества врачей и ученых. Еще одна тенденция - значительная коммерциализация программ искусственного интеллекта. Например, сегодня для создания визуального классификатора можно использовать визуальный инструмент (не требует написания кода). Примером такого инструмента может служить обучаемая Google машина.

Обсуждение. Ограничения и проблемы применения систем искусственного интеллекта в медицинской науке

Применение систем искусственного интеллекта в любой сфере, включая здравоохранение, сопровождается своими ограничениями и трудностями. Пришло время изменить наше мышление от реактивного к активному по отношению к падению новых технологий. Здесь мы будем обсуждать проблемы, в которых особое внимание уделяется проблемам, связанным со здоровьем. Ниже мы обсудим эти проблемы, уделяя больше внимания проблемам, связанным с здравоохранением.

Наличие данных

Первым шагом к созданию искусственно интеллектуальной системы (после выбора проблем и разработки стратегии решений) является сбор данных. Создание хорошо работающих моделей опирается на наличие большого объема качественной информации. Вопрос сбора данных вызывает дискуссии из-за частной жизни пациента и случаев срыва данных крупными корпорациями в последнее время. Развитие технологии увеличило вычислительную и аналитическую мощь, а также способность хранить большие объемы данных. Такие технологии, как распознавание лиц и геномный анализ, позволяют идентифицировать человека среди людей. Пациенты и общественность в целом имеют право на личную неприкосновенность, и они имеют право выбирать, какую информацию (если она имеется) им будет предоставлена. Нарушение данных теперь приводит к тому, что данные пациентов попадают в руки страховых компаний, что приводит к отказу от медицинского страхования, поскольку страховая компания считает пациента более дорогим из-за его генетического состава. Конфиденциальность пациентов приводит к ограничению информации, что приводит к ограниченному изучению модели и поэтому не изучает полные возможности модели.

Создание неправильных моделей

Часть собранной информации искусственных интеллектуальных систем (также известная как набор учебных данных) обучается с оставшейся информацией, выделенной для тестирования (также известной как набор тестовых данных). Таким образом, если собранные данные односторонние, то есть они ориентированы на определенную расу, определенный пол, определенную возрастную группу, то полученная в результате модель будет необъективной. Таким образом, собранные данные должны быть действительными представителями населения, к которому они предназначены.

Предварительная обработка данных

Даже после сбора объективных данных можно создать предсказуемую модель. Собранные данные должны быть предварительно обработаны перед использованием для

⁹ Amisha, Malik, P., Pathania, M., & Rathaur, V. K. (2019). "Overview of artificial intelligence in medicine." *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 8(7), 2328-2331. doi:10.4103/jfmpc.jfmpc_440_19.

¹⁰ Reddy, S., Fox, J., & Purohit, M. P. (2019). "Artificial intelligence-enabled healthcare delivery." *Journal of the American Board of Family Medicine*, 32(3), 453-460. doi:10.3122/jabfm.2019.03.180247.

¹¹ Yu, K. H., Beam, A. L., & Kohane, I. S. (2018). "Artificial intelligence in healthcare." *Nature Biomedical Engineering*, 2(10), 719-731. doi:10.1038/s41551-018-0305-z.

обучения алгоритму. Собранные сырые данные часто содержат ошибки из-за ввода данных вручную или по ряду других причин. Эти записи иногда изменяются или просто стираются с помощью математического обоснования. Необходимо убедиться, что предварительная обработка данных не создает базы недостоверных данных.

Выбор модели

При наличии нескольких алгоритмов и моделей для выбора необходимо выбрать алгоритм, наиболее подходящий для поставленной задачи. Таким образом, процесс выбора модели очень важен. Неправильные модели - это очень простые модели, которые не могут охватить тенденции, существующие в наборе данных.

Представление односторонних моделей

Для пользователя системы искусственного интеллекта важно иметь базовое представление о том, как строятся такие модели. Таким образом, пользователь может лучше интерпретировать выход модели и решить, как его использовать. Например, существует множество показателей, которые можно использовать для оценки эффективности модели, таких как точность, запоминание, балл F1 и балл AUC.¹² Однако не каждый показатель подходит для каждой проблемы. Когда пользователю системы искусственного интеллекта предоставляются показатели производительности модели, они должны быть уверены, что предоставляются показатели, соответствующие проблеме, а не только показатели с самым высоким баллом.

Фрагментарные данные

Еще одно ограничение применения искусственного интеллекта заключается в том, что одна организация не может без проблем передать другую организацию для немедленного использования без перекалибровки моделей, затрачивающих время и силы на разработку и размещение конкретной задачи (регрессия, классификация, кластеризация, NLP и т.д.). Из-за проблем с конфиденциальностью обмен данными между организациями здравоохранения часто отсутствует или ограничен, в результате чего информация делится на части, ограничивающие надежность модели.

Черные ящики

Система искусственного интеллекта известна как черные ящики из-за сложности математических алгоритмов.

Литературы:

1. Topol, E. J. (2019). *Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again*. Basic Books.
2. Esteva, A., Kuprel, B., Novoa, R. A., et al. (2017). "Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks." *Nature*, 542(7639), 115–118. doi:10.1038/nature21056.
3. Obermeyer, Z., & Emanuel, E. J. (2016). "Predicting the future — big data, machine learning, and clinical medicine." *New England Journal of Medicine*, 375(13), 1216–1219. doi:10.1056/NEJMp1606181.
4. Jiang, F., Jiang, Y., Zhi, H., et al. (2017). "Artificial intelligence in healthcare: past, present and future." *Stroke and Vascular Neurology*, 2(4), 230–243. doi:10.1136/svn-2017-000101.
5. Lee, C. H., & Yoon, H. J. (2021). "Medical big data: promise and challenges." *Kidney Research and Clinical Practice*, 40(1), 3–11. doi:10.23876/j.krccp.20.175.
6. Reddy, S., Fox, J., & Purohit, M. P. (2019). "Artificial intelligence-enabled healthcare delivery." *Journal of the American*

Board of Family Medicine, 32(3), 453–460. doi:10.3122/jabfm.2019.03.180247.

Необходимо сделать модели более удобными и понятными. Несмотря на то, что в этом направлении в последнее время проделана определенная работа, еще предстоит добиться некоторых успехов.¹³

Заключение. Таким образом, будущее искусственного интеллекта в медицинских науках, несмотря на вышеуказанные ограничения, хорошо ориентировано на то, чтобы революционизировать здравоохранение. Системы ИИ помогают высвобождать время занятых врачей, транскрибируя напоминания, ввода и упорядочивая данные пациентов на порталах (например, EPIC) и диагностируя пациентов, что служит средством предоставления врачам дополнительного мнения. Искусственные интеллектуальные системы также могут помочь пациентам при наличии дальнейшей медицинской помощи и альтернативных лекарственных препаратов по рецепту. Искусственный интеллект также обладает способностью дистанционно диагностировать пациентов, тем самым расширяя медицинские услуги не только в крупных городских центрах мира, но и в отдаленных районах. Будущее искусственного интеллекта в сфере здравоохранения светлое и перспективное, но предстоит еще многое сделать.

Использование систем искусственного интеллекта в здравоохранении широкой общественностью относительно не изучено. Недавно FDA (Управление по контролю за продуктами питания и фармацевтики США) утвердило Kardiaband от AliveCor (в 2017 году) и умные часы Apple 4 серии (в 2018 году) для определения артериальной фибрилляции. Использование умных часов является первым шагом к тому, чтобы дать людям возможность собирать личные данные о здоровье и осуществлять оперативное вмешательство групп по оказанию медицинской помощи пациенту.

Отрицательное влияние современных технологий на психическое здоровье очень велико. Однако исследователи из Университета Южной Калифорнии (USC) в сотрудничестве с Агентством по передовым исследовательским проектам в области обороны и армией США обнаружили, что люди, страдающие от посттравматического стресса и других форм психического потрясения, более открыты к обсуждению своих проблем с виртуальными людьми, чем с реальными людьми

7. Yu, K. H., Beam, A. L., & Kohane, I. S. (2018). "Artificial intelligence in healthcare." *Nature Biomedical Engineering*, 2(10), 719–731. doi:10.1038/s41551-018-0305-z.
8. Amisha, Malik, P., Pathania, M., & Rathaur, V. K. (2019). "Overview of artificial intelligence in medicine." *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 8(7), 2328–2331. doi:10.4103/jfmpc.jfmpc_440_19.
9. Chen, M., Decary, M., & Artificial Intelligence in Healthcare (2020). "Artificial intelligence in healthcare: An essential guide for health leaders." *Healthcare Management Forum*, 33(1), 10–18. doi:10.1177/0840470419869038.
10. Rajpurkar, P., Irvin, J., Ball, R. L., et al. (2018). "Deep learning for chest radiograph diagnosis: A retrospective comparison of the CheXNeXt algorithm to practicing radiologists." *PLoS Medicine*, 15(11), e1002686. doi:10.1371/journal.pmed.1002686.

¹² Lee, C. H., & Yoon, H. J. (2021). "Medical big data: promise and challenges." *Kidney Research and Clinical Practice*, 40(1), 3–11. doi:10.23876/j.krccp.20.175.

¹³ Reddy, S., Fox, J., & Purohit, M. P. (2019). "Artificial intelligence-enabled healthcare delivery." *Journal of the American Board of Family Medicine*, 32(3), 453–460. doi:10.3122/jabfm.2019.03.180247.