

Искусственный интеллект в медицинской визуализации. Основные задачи и сценарии развития

А.М. Мещерякова, Э.А. Акопян, А.С. Слинин
 ООО «Платформа Третье Мнение», Москва, Российская Федерация

Для корреспонденции:
 elina.akopyan@3opinion.ru

Artificial intelligence in medical imaging. Main objectives and development scenarios

A.M. Meshcheryakova, E.A. Akopyan, A.S. Slinin
 Platform Third Opinion LLC, Moscow, Russian Federation

Artificial intelligence is a new technology that has spread in many sectors of our life. In medicine AI is used for predictive analysis. There are solutions on the market that analyze different types of medical data – electronic cards, CT, MRI, radiographs, ultrasound, digital images of blood cells, etc. In 2018, the FDA established a precedent – allowed to independently conduct a medical examination of people without the participation of a specialist. While AI could assist physicians in many ways, it is unlikely to replace physicians in the foreseeable future.

Key words: neural networks (computer), artificial intelligence, deep learning, machine learning, radiology, medical data.

Искусственный интеллект (ИИ) является достаточно молодой технологией, однако по данным международной консалтинговой компании Gartner, хронологию возникновения ИИ уже можно разделить на несколько этапов (рис.1).

На первом этапе были заложены основные исходные концепции для изучения ИИ, которые возникли в 1960х годах благодаря повышению вычислительных мощностей компьютеров. Вторым этапом был переходный период с 1980 года, который характеризовался развитием и со-



Рис. 1. Хронология ИИ Источник: Gartner

вершением технологий, и появлением понятия машинного обучения, что в свою очередь дало новый виток в исследования развития технологии ИИ. Машинное обучение состоит из: контролируемого, неконтролируемого и стимулированного обучения. Третий этап начался с 2010 года, он принес новые направления в развитие исследований ИИ, такие как развитие технологий глубокого обучения, т.е. развитие узкоспециализированного ИИ. Иными словами, это ИИ, который способен выполнять задачи в определенной отрасли ограниченного направления (финансовой, образовательной, промышленной, медицинской и т.д.) [1].

Главная цель ИИ заключается в повышении производительности и вовлеченности, а также в помощи работникам и частным лицам по всему миру в выполнении их повседневных, рутинных обязанностей [2].

Сегодня в медицине накоплено огромное количество данных, которые сами по себе бессмысленны, но их обработка и анализ могут трансформировать клиническую практику [3].

По оценкам McKinsey [4], технологии ИИ могут приносить от 3,5 до 5,8 трлн. долл. в год в 19 отраслях. Так, эффект от применения технологии ИИ в медицине составит более 200 млн долл., или порядка 30% от общего эффекта внедрения аналитических систем.

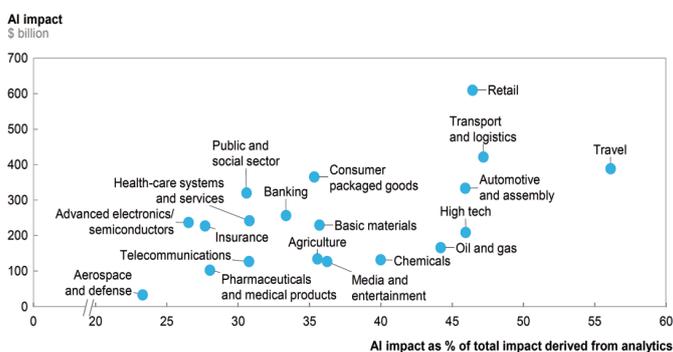


Рис. 1. Эффект от применения технологии ИИ по отраслям экономики. Источник: MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE (MGI) DISCUSSION PAPER, NOTES FROM THE AI FRONTIER: APPLICATIONS AND VALUE OF DEEP LEARNING

Сегодня ИИ стремительно развивается в области предиктивного анализа – в частности, в сфере изучения генома человека, в области ранней диагностики заболеваний – в том числе, онкологических. Мы ожидаем, что в будущем, ИИ получит распространение и в других сферах медицины. На рынке уже представлены решения, которые анализируют разные виды медицинских данных – электронные карты, КТ, МРТ, рентгенограммы, УЗИ, цифровые изображения клеток крови, и пр. Есть мнение, что традицион-

ные алгоритмы работы в медицинских учреждениях привели к строгому разграничению функций, выполняемых врачами, – в соответствии со специализацией. Например, часто встречаются ситуации, когда рентгенолог не видит клинической картины пациента и выполняет одну функцию – описание снимка. А врачи других специализаций не могут качественно прочесть рентгенограммы [5]. В данном случае нельзя однозначно утверждать, что системы ИИ несут угрозу данной специальности – многие системы ИИ ограничены одной функцией – разметкой снимка, т.о. заключение и вся ответственность принятия решения остается на врача. Помимо этого в обязанности рентгенолога также входит диагностика, медицинское суждение, обеспечение качества оказания медицинской помощи, постоянное повышение квалификации, интервенционные процедуры и другие задачи, которые пока не могут быть выполнены компьютером. К тому же применение алгоритмов на основе ИИ часто приводит к созданию сложных данных, которые необходимо интерпретировать и связать их с клинической пользой. В этом сценарии рентгенологи могут играть решающую роль в интерпретации данных [6].

Также имеет значение субъективные показатели – профессионализм врача, его опыт, нагрузка, психоэмоциональное состояние в конкретный момент времени и пр. Кроме того, бывают ситуации, когда одно и то же состояние рентгенологи интерпретируют по-разному. В данном случае системы ИИ помогут унифицировать медицинскую терминологию и избежать человеческого фактора [7].

Уже сегодня ИИ в рентгенологии может использоваться для выполнения задач с положительным воздействием, некоторые из них уже были описаны Nance et al. в 2013 году [8]:

1. Облегчение отчетности: автоматическое нахождение патологий ускоряет процесс описания снимка.

2. Сопоставление текущих и предыдущих исследований: сейчас врачи на это тратят десятки минут. С использованием систем ИИ врач может проверить результат, извлекая данные с учетом клинической картины для включения в отчет. Кроме того, ИИ может учитывать интервал времени между исследованиями.

3. Быстрое выявление патологии: благодаря быстрой сортировке врач получает больше времени на обработку снимков с отклонениями от нормы [9]. Это было бы полезно для программ скрининга [10]. ►►

4. Агрегирование электронной медицинской документации, дающее рентгенологам доступ к клинической информации.

5. Оперативная маршрутизация пациентов.

6. Внутренняя система проверки заключений.

7. Контроль качества работы лаборантов и отслеживаемая связь между радиологами и технологами.

8. Анализ данных по специфическим параметрам, включая дозы облучения [11].

Системы, в основе которых заложены нейросети могут решить проблемы, связанные с медицинскими ошибками. Официальный учет таких данных не ведется. Недавнее исследование университета Джона Хопкинса показало, что более 250 тыс. человек в США ежегодно умирают от медицинских ошибок [12]. В других сообщениях утверждается, что их число достигает 440 тыс. Медицинские ошибки являются третьей по значимости причиной смерти после заболеваемости сердечно-сосудистыми заболеваниями и онкологией.

Конечно, приведенные данные не говорят о наличии ошибок в распознавании изображений, однако в мире уже есть примеры, когда хорошо обученная нейросеть работает корректнее врачей.

Так, ИИ BioMind, разработанной в Международной Клинике Beijing Tiantan, показал лучшую эффективность по сравнению с 15-ю врачами. Данное решение анализирует медицинские изображения. Так, по итогам диагностики опухолей головного мозга BioMind был точен в 87% случаев – против 63%-ой точности врачей. При этом 225 медкарт были изучены BioMind за 15 минут. Доктора справились с данной задачей только через 30 минут.

В декабре 2018 года компания Google объявила о запуске в Таиланде программы по скринингу на диабетическую ретинопатию, вызывающей слепоту у пациентов, страдающих от диабета. При этом будет использоваться решение компании на базе технологий ИИ [13].

Программа скрининга в Таиланде запущена после старта аналогичной программы Google в Индии.

Данная программа скрининга была объявлена в партнерстве с тайской государственной больницей Раджавити. Ранее партнеры совместно вели исследование, в ходе которого было установлено, что точность программного обеспечения на базе алгоритма ИИ при выявле-

нии заболевания диабетической ретинопатией составляет 95%, что существенно превышает показатель в 74%, показанный врачами-офтальмологами.

В рамках программы проводится анализ результатов обследования глаз пациентов на предмет выявления риска потери зрения, что позволит им своевременно получить профилактическое лечение.

Таиланд является одним из крупнейших производителей сахара в мире и отличается очень высоким уровнем его потребления. Население страны составляет 69 млн человек. Официально в стране на сегодняшний день зарегистрировано около 5 млн диабетиков, которые находятся в зоне риска потери зрения, при этом в стране работает только 1400 врачей-офтальмологов. Общенациональная программа скрининга рассчитана на то, что в ней примут участие не менее 60% населения.

Другое исследование, проведенное группой ученых из разных стран показало, что нейронная сеть глубокого обучения может классифицировать кожные новообразования более эффективно, чем профессиональные дерматологи. Это исследование, которое подтвердило результаты экспериментов, проводимых ранее, свидетельствует о том, что люди в отдаленных районах теперь смогут получить доступ к диагностике уровня профессионального врача просто с помощью своего смартфона. Результаты исследования были опубликованы в журнале *Annals of Oncology* [14].

В исследовании использовалась «подготовленная и проверенная» с помощью изображений разнородных поражений кожи сверточная нейронная сеть глубокого обучения. Во время тестов алгоритм обрабатывал 100 изображений, которые параллельно были предоставлены для диагностики 58 дерматологам, 30 из которых имели более 5 лет опыта. Изображения анализировались вместе с сопутствующей клинической информацией и без нее.

Дерматологи смогли классифицировать потенциально опасные изменения кожи с чувствительностью в 86.6% и специфичностью в 71.3%, когда проводился анализ только изображений. Эти параметры увеличились на 2% и 4%, соответственно, когда вместе с изображениями врачам предоставлялась сопутствующая клиническая информация. При этом 30 более опытных дерматологов показали слегка лучший результат, чем группа в целом.

Используя показатель чувствительности дерматологов 86.6% как ориентир, нейронная сеть достигла уровня специфичности в 82.5%. Это существенно лучше, чем результат врачей в 71.3%. Аналогичная разница в результатах была и при использовании клинической информации.

Подобное исследование проводили в 2017 году и ученые Стэнфордского университета (США), которые обнаружили, что ИИ практически также хорош в диагностике рака кожи, как сертифицированные дерматологи (21 человек), участвовавшие в исследованиях.

Такие исследования означают, что в разработке программ на базе ИИ сделан существенный шаг вперед.

Развитие систем ИИ поддерживается на институциональном уровне многих государств.

Так, объем финансирования программ по развитию ИИ в китайском городе Тяньцзинь составит \$15,7 млрд. Средства будут направляться в виде грантов в адрес научных организаций.

В июле 2018 в КНР опубликовали госплан, согласно которому страна должна стать лидером в сфере ИИ к 2030 году. Через пять лет после этого индустрия ИИ добавит экономике страны \$59 млрд [15].

В Японии в августе 2018 года было принято решение о выделении 100 млн долл. на создание больниц, оснащенных ИИ.

Десять ИИ-больниц построят к концу 2022 года. Проект должен решить сразу несколько проблем, среди которых нехватка врачей и медсестер, а также рост расходов на медицину.

В США поддержка регулятора проявляется в системе здравоохранения – за последний год несколько ИИ-проектов получили разрешение на деятельность от FDA: IDx-DR, Zebra Medical, Aidoc, iCAD и др.

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Технология машинного обучения/ИИ это уже завтрашний день мировой медицины. В среднесрочной перспективе возможны следующие варианты использования нейросетей:

1. Прогнозирование диагнозов с помощью семантического анализа [16].
2. Прогнозирование эффективности лечения [18].
3. Выявление дефектов перфузии и ишемии миокарда [18].

4. Сегментация и моделирование форм, таких, как сегментация структур головного мозга или опухоли головного мозга [19].

5. Унификация медицинской терминологии, внедрение стандартов.

6. Выявление онкологических состояний (в том числе метастазы, рецидивы) на более ранних стадиях.

При этом необходимо допущение о том, что иногда нейросеть заменяет врача, как в случае с компанией IDx, которой Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA) в 2018 году разрешило самостоятельно проводить медицинское обследование людей без участия живого специалиста. ПО системы по фотографиям распознаёт признаки диабетической ретинопатии, поражающей сосуды сетчатой оболочки глазного яблока. По данным проекта, специалисты не требуются ни в момент обследования, ни для последующей интерпретации результатов. Любой обученный человек без медицинского образования загружает фотографии на облачный сервер, и менее чем за 1 минуту программа возвращает положительный или отрицательный результат диагностики и при необходимости направляет пациента к врачу.

Однако мы считаем, что в критических случаях мнение врача должно быть решающим, т.к. в условиях отсутствия дополнительной клинической информации только лишь по изображениям пренебрегается принцип объективности. В данном случае нейросеть не заменит опыт врача, который принимает решение.

Учитывая драматическое увеличение объема медицинских данных, дальнейшая работа врачей с системами ИИ является неизбежным сценарием развития клинической практики. Но несмотря на увеличение вклада ИИ мы не видим целесообразность разработки независимых от врачей систем ИИ. Основной задачей ИИ, как было написано ранее, мы видим минимизацию рутинных процессов врачебной практики, помощь в принятии решений и повышение точности диагностики и лечения.

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. █

РЕЗЮМЕ

Искусственный интеллект (ИИ) представляет собой молодую технологию, получившую распространение во многих сферах нашей жизни. В медицине ИИ развивается в области предиктивного анализа – в частности, в сфере изучения генома человека, в области ранней диагностики заболеваний – в том числе, онкологических. На рынке представлены решения, которые анализируют разные виды медицинских данных – электронные карты, КТ, МРТ, рентгенограммы, УЗИ, цифровые изображения клеток крови, и пр. В 2018 году Управление по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США (FDA) создало прецедент – разрешило проводить медицинское обследование людей без участия специалиста. Мы считаем, что распространение практического замещения врачей искусственным интеллектом в ближайшем будущем маловероятно.

Ключевые слова: нейросети, искусственный интеллект, глубокое обучение, машинное обучение, радиология, медицинские данные.

ЛИТЕРАТУРА

1. Применение технологии «Artificial Intelligence». *Аналитический обзор* N5.–Астана, 2017. URL: www.zerde.gov.kz. (дата обращения 15.12.2018). [Technology of «Artificial Intelligence» application. *Analytical report* N5.–Астана, 2017. URL: www.zerde.gov.kz. (last accessed 15.12.2018). (in Russ.)].
2. Khalfallaha J, Slama J.B.H. Facial Expression Recognition for Intelligent Tutoring Systems in Remote Laboratories Platform. *Procedia Computer Science*. 2015;73:274–281.
3. Krittanawong C. Healthcare in the 21st century. *Eur J Intern Med*. 2017;38:e17.
4. Columbus L. Sizing The Market Value Of Artificial Intelligence. *Forbes*. 2018. URL: <https://www.forbes.com/sites/louiscolumbus/2018/04/30/sizing-the-market-value-of-artificial-intelligence/#6e71c687ffe9> (last accessed 25.12.2018).
5. Jha S, Topol EJ. Adapting to artificial intelligence: radiologists and pathologists as information specialists. *JAMA*. 2016;316:2353–2354.
6. Pesapane F, Codari M, Sardanelli F. Artificial intelligence in medical imaging: threat or opportunity? Radiologists again at the forefront of innovation in medicine. *Eur Radiol Exp*. 2018 Oct 24;2(1):35. doi: 10.1186/s41747-018-0061-6.
7. Nance JW Jr, Meenan C, Nagy PG. The future of the radiology information system. *AJR Am J Roentgenol*. 2013;200:1064–1070.
8. Kolossvbry M, Kellermayer M, Merkely B, Maurovich-Horvat P. Cardiac computed tomography radiomics: a comprehensive review on Radiomic techniques. *J Thorac Imaging*. 2018; 33:26–34.
9. Sachs PB, Gassert G, Cain M, Rubinstein D, Davey M, Decoteau D. Imaging study protocol selection in the electronic medical record. *J Am Coll Radiol*, 2013; 10:220–222.
10. Chen H, Zhang Y, Zhang W et al. Low-dose CT via convolutional neural network. *Biomed Opt Express*. 2017;8:679–694.
11. Medical error—the third leading cause of death in the US. *BMJ*. 2016;353:i2139. doi: 10.1136/bmj.i2139.
12. Tanakasempipat P. Google launches Thai AI project to screen for diabetic eye disease. URL: <https://www.reuters.com/article/us-thailand-google/google-launches-thai-ai-project-to-screen-for-diabetic-eye-disease-idUSKBN10C1N2> (last accessed 25.12.2018).
13. Нейронная сеть может проводить диагностику лучше дерматолога. URL: www.evercare.ru/neironnaya-set-mozhet-provodit-diagnostiku-luchshe (дата обращения 15.12.2018). [The neural network can make diagnostics better than the dermatologist.—www.evercare.ru/neironnaya-set-mozhet-provodit-diagnostiku-luchshe. (last accessed 15.12.2018). (in Russ.)].
14. Ramil D, Bergen M. China’s Plan for World Domination in AI Isn’t So Crazy After All. URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-08-14/china-s-plan-for-world-domination-in-ai-isn-t-so-crazy-after-all> (last accessed 15.12.2018).
15. Chaudhary K, Poirion OB, Lu L, Garmire LX. Deep learning-based multi-omics integration robustly predicts survival in liver cancer. *Clin Cancer Res*. 2018; 24:1248–1259.
16. Abajian A, Murali N, Savic LJ et al. Predicting treatment response to intra-arterial therapies for hepatocellular carcinoma with the use of supervised machine learning—an artificial intelligence concept. *J Vasc Interv Radiol*. 2018; 29:850–857.
17. Nakajima K, Okuda K, Watanabe S et al. Artificial neural network retrained to detect myocardial ischemia using a Japanese multicenter database. *Ann Nucl Med*. 2018; 32:303–310.
18. Pereira S, Pinto A, Alves V, Silva CA. Brain tumor segmentation using convolutional neural networks in MRI images. *IEEE Trans Med Imaging*. 2016; 35:1240–1251.