https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-5-282-286

Перспективы применения искусственного интеллекта в маммографии

Саибу С.Ф.

ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России,
ул. Островитянова, 1, Москва, 117513, Российская Федерация

Саибу Сюзанна Фадельевна, студентка 6-го курса лечебного факультета ФГАОУ ВО «Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова» Минздрава России;
https://orcid.org/0009-0009-5294-690X

Резюме

Сегодня в мире растет интерес к интерпретации рентгенологических, в частности маммографических, данных с применением искусственного интеллекта (ИИ). В представленном обзоре научной литературы, основанном на самых значимых исследованиях последних лет, сделана попытка определить место ИИ в рентгенологической диагностике рака молочной железы (РМЖ). Показано, что в перспективе ИИ может стать неотъемлемой частью маммографического скрининга РМЖ, хотя на данный момент этические и правовые вопросы его использования не до конца решены.

Ключевые слова: маммография; искусственный интеллект; рак молочной железы; обзор.
Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.
Для цитирования: Саибу С.Ф. Перспективы применения искусственного интеллекта в маммографии. *Вестник рентгенологии и радиологии*. 2024; 105(5): 282–286. https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-5-282-286

Для корреспонденции: Саибу Сюзанна Фадельевна, E-mail: saibu2012@yandex.ru

Статья поступила 06.12.2024 *После доработки 11.01.2025* *Принята к печати 12.01.2025*

Prospects for the Application of Artificial Intelligence in Mammography

Siuzanna F. Saibu

Pirogov Russian National Research Medical University,
ul. Ostrovityanova, 1, Moscow, 117513, Russian Federation

Siuzanna F. Saibu, 6th Year Student, Faculty of Medicine, Pirogov Russian National Research Medical University;
https://orcid.org/0009-0009-5294-690X

Abstract

Today in the world there is a growing interest in the interpretation of radiologic, in particular mammographic, data using artificial intelligence (AI). In the presented review of scientific literature, based on the most significant studies of recent years an attempt was made to determine the place of AI in radiologic diagnosis of breast cancer. It is shown that in the future, AI can become an integral part of breast cancer mammographic screening, although at the moment the ethical and legal issues of its use have not been fully resolved.

Keywords: mammography; artificial intelligence; breast cancer; review.
Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.
For citation: Saibu SF. Prospects for the application of artificial intelligence in mammography. *Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2024; 105(5): 282–286 (in Russian). https://doi.org/10.20862/0042-4676-2024-105-5-282-286

For corresponding: Siuzanna F. Saibu, E-mail: saibu2012@yandex.ru

Received December 6, 2024 *Revised January 11, 2025* *Accepted January 12, 2025*

Введение / Introduction

В мире ежегодно проводится более 100 млн маммографических исследований в рамках скрининга рака молочной железы (РМЖ). При использовании маммографии в качестве скринингового метода уровень смертности от РМЖ снижается на 40–63% [1].

Для прочтения каждой рентгенограммы обычно требуется два рентгенолога, что повышает стоимость процедуры. В Австралии, Великобритании, Новой Зеландии и еще 19 развитых странах скрининг РМЖ финансируется государством [2].

В странах с развивающейся экономикой и большой численностью населения, таких как Индия, Пакистан, Индонезия, были предприняты попытки проведения маммографии с последующим масштабным использованием искусственного интеллекта (ИИ) и глубокого обучения для оптимизации скрининга РМЖ [3].

Основные понятия / Basic concepts

Во всем мире растет интерес к интерпретации рентгенологических данных с помощью ИИ (табл. 1).

Маммография предоставляет широкую область для клинического применения ИИ. Инструменты глубокого обучения могут способствовать повышению точности скрининга РМЖ без биопсии. После обучения ИИ независимо от исследователя способен анализировать новые маммограммы, точно обнаруживать и классифицировать образования молочной железы, предоставляя рентгенологам второе мнение для повышения точности диагностики [8].

Модели искусственных нейронных сетей, созданные для помощи в интерпретации маммограмм, обычно учитывают факторы риска пациенток (возраст и семейный анамнез) и результаты маммографии (образования и кальцинаты) в качестве входных данных и оценивают соответствующий риск развития РМЖ, чтобы помочь в принятии решения о биопсии [7].

Исследования эффективности и нерешенные проблемы / Efficiency studies and unresolved issues

В США программы ИИ были подвергнуты экспертизе Управления по контролю качества пищевых

Таблица 1

Термины и определения

Table 1

Terms and definitions

Термин / Term	Определение / Definition
Искусственный интеллект / Artificial intelligence	Сложная компьютерная программа, способная выполнять задачи, обычно требующие человеческого интеллекта, в таких областях, как визуальное восприятие и принятие решений [4] / A complex computer program capable of performing tasks that usually require human intelligence in areas such as visual perception and decision-making [4]
Машинное обучение / Machine learning	Научная область искусственного интеллекта, которая изучает компьютерные алгоритмы, позволяющие компьютерным программам автоматически совершенствоваться по мере накопления опыта [5] / The scientific field of artificial intelligence, which studies computer algorithms that allow computer programs to automatically improve as they gain experience [5]
Глубокое обучение / Deep learning	Подмножество методов машинного обучения, основанных на искусственных нейронных сетях. В сочетании с высокой вычислительной мощностью и большими наборами данных могут применятся для решения широкого ряда задач, включая те, которые ранее были под силу только человеку [6] / A subset of machine learning methods based on artificial neural networks. Combined with high computing power and large datasets, they can be used to solve a wide range of tasks, including those that previously were only possible for humans [6]
Искусственная нейронная сеть / Artificial neural network	Компьютерные модели, которые способны дублировать аспекты человеческого интеллекта, одновременно используя вычислительную мощность компьютеров, и обрабатывать большой объем информации одновременно, обучаясь на предыдущих случаях [7] / Computer models that are able to duplicate aspects of human intelligence, simultaneously using the calculating power of computers, and process a large amount of information simultaneously, learning from previous cases [7]
Системы поддержки принятия решений / Decision support systems	Системы, максимально приспособленные к решению задач повседневной деятельности. Являются инструментом, призванным оказывать помощь лицам, принимающим решения [5] / Systems that are maximally adapted to solving the tasks of daily activities. It is a tool designed to assist decision makers [5]

продуктов и лекарственных средств (Food and Drug Administration, FDA) из-за потенциального влияния на здоровье человека. FDA одобрило девять программ ИИ для скрининга РМЖ, выявления подозрительных поражений и сортировки маммограмм [9]. Критериями для отбора служили высокие показатели чувствительности и специфичности, а также площади под кривой (area under curve, AUC), при этом биопсия являлась основным методом оценки точности скрининга в большинстве программ ИИ [10].

В систематическом обзоре исследований, проведенных в США, Китае и Японии, ИИ показал значительную эффективность при анализе изображений РМЖ с чувствительностью 98% и специфичностью 99% [11].

Гибридная модель глубокого обучения, учитывавшая как традиционные факторы риска, так и маммограммы, показала самую высокую диагностическую эффективность (AUC 0,70) по сравнению с моделью, основанной на клинических факторах риска (AUC 0,62–0,67), и моделью, использовавшей только маммограммы (AUC 0,68) [12, 13].

В Швеции в проспективное когортное исследование ScreenTrustCAD была включена 55 581 женщина (возрастной диапазон 40–74 лет) без имплантатов молочных желез, без установленных мутаций в генах *BRCA1*, *BRCA2*, *PTEN*, *TP53*, *STK11*, *CDH1*, без РМЖ в анамнезе, участвовавшая в популяционном скрининге в районе охвата одной больницы (западный округ Стокгольма и часть внутреннего города). Проводилось сравнение результатов, полученных при двойном прочтении маммограмм одним рентгенологом при поддержке принятия решений ИИ, одиночном прочтении только с помощью ИИ, тройном прочтении двумя рентгенологами при поддержке принятия решений ИИ со стандартным двойным прочтением двумя рентгенологами. У 269 (0,5%) женщин был диагностирован РМЖ по данным двойного прочтения маммограмм одним рентгенологом при использовании систем поддержки принятия решений, что оказалось сопоставимо со стандартным двойным прочтением двумя рентгенологами (261 (0,5%) и 250 (0,4%) выявленных случаев соответственно). Одиночное прочтение только с помощью ИИ (246 (0,4%) против 250 (0,4%) выявленных случаев) и тройное прочтение двумя рентгенологами при поддержке принятия решений ИИ (269 (05%) против 250 (0,4%) выявленных случаев) также не уступали двойному прочтению двумя рентгенологами. Замена одного рентгенолога на ИИ для независимого прочтения скрининговых маммограмм привела к повышению частоты выявления рака на 4% по сравнению с двойным прочтением рентгенологом, что свидетельствует о перспективности использования ИИ для интерпретации маммографических изображений [14].

Российскими исследователями также показана возможность и доказана перспективность применения ИИ для описания маммографических изображений с чувствительностью и специфичностью, равными таковым при работе двух врачей-рентгенологов или превосходящими их [15, 16]. В Москве согласованность между ИИ и врачом-рентгенологом при оценке маммограмм, выполненных в рамках скрининга, достигает 84,10% [17].

Исследования демонстрируют, что использование ИИ, в частности сверточных нейронных сетей, может уменьшить количество ошибок при оценке медицинских изображений. Однако требуются дальнейшие стандартизированные исследования до внедрения данной диагностической процедуры в скрининг РМЖ [10, 18].

Разработанные модели ИИ точно обнаруживают и характеризуют микрокальцинаты на маммограммах [8]. Валидированная модель многопроекционной контрастной маммографии в сочетании с программами глубокого обучения показала многообещающие результаты в обнаружении РМЖ [19].

ИИ обеспечивает быструю обработку изображений, что приводит к экономии ресурсов, однако может не обладать адаптивностью в нестандартных ситуациях [20]. Кроме того, сложно проводить и, тем более, сравнивать научные исследования по оценке маммографических изображений, разрабатывать по ним алгоритмы ИИ, так как используются базы данных разных больниц, рентгенологические аппараты разных производителей, разные параметры изображений. Использование только ИИ в диагностике изображений связано с этическими проблемами медицинской ответственности, общественной приемлемости, обучения рентгенологов и лицензирования систем ИИ [13, 14].

Проведены исследования, включавшие следующие характеристики комплексных данных маммографической визуализации: объем, маркировка, источник изображения, разрешение, формат изображения, маркировка положения образования, дескрипторы фоновой ткани, доступность. Многие исследователи используют для обучения известные базы данных, содержащие цифровые изображения: Digital Database for Screening Mammography (DDSM), MIAS Mini Mammographic Database, INbreast database, Breast Cancer Digital Repository (BCDR), Curated breast imaging subset of DDSM (CBIS-DDSM), OPTIMAM, The Chinese mammography database (CMMD) [20, 21].

Разработка новых систем компьютерной диагностики на основе глубокого обучения является сложной задачей. Для глубокого обучения необходимы большие, дорогостоящие базы данных. Ограничениями при обмене данными между организациями и их объединении являются конфиденциальность пациентов, регламентируемая,

к примеру, в США Законом о переносимости и подотчетности медицинского страхования (Health Insurance Portability and Accountability Act, HIPAA), который применяется как к изображениям, так и к клиническим данным. Накопленный положительный опыт успешного использования глубокого обучения показывает ценность открытой науки и важность сбора значительных, высококачественных, анонимных, общедоступных и обобщаемых наборов данных [10].

Авторы одного из исследований сообщают, что системы на основе глубокого обучения превосходят традиционное машинное обучение, в котором используются созданные вручную признаки, в некоторых задачах приближаясь к производительности рентгенолога (рис. 1). Для применения таких систем необходимы большие контролируемые наборы данных, непрерывные обновления алгоритмов и внешняя проверка. Вероятно, ИИ будет играть важную роль в скрининговой маммографии [10].

Заключение / Conclusion

В настоящее время актуальным является не только исследование эффективности ИИ в диагностике медицинских изображений, но и изучение его возможностей в обучении рентгенологов и поддержке принятия ими решений при интерпретации маммограмм.

В целом можно сделать вывод, что ИИ способен стать неотъемлемой частью маммографического скрининга РМЖ, несмотря на то что на сегодняшний день этические и правовые вопросы использования ИИ остаются не до конца решенными.

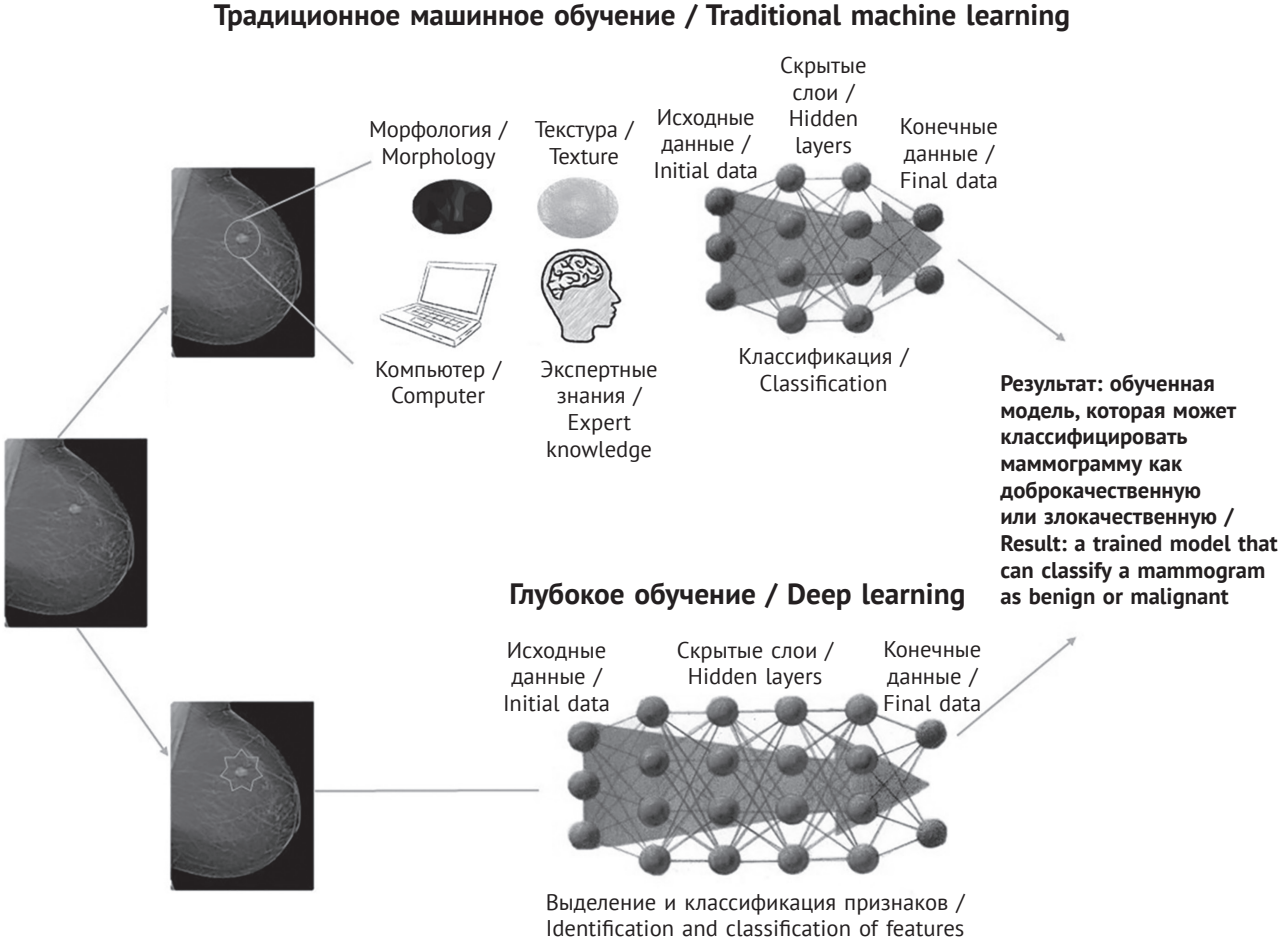

Рис. 1. Сравнение традиционного машинного обучения и глубокого обучения при интерпретации маммограммы. Алгоритм на основе глубокого обучения самостоятельно анализирует изображение, тогда как при традиционном машинном обучении учитываются особенности, разработанные человеком [4]

Fig. 1. Comparison of traditional machine learning and deep learning in mammogram interpretation. A deep learning-based algorithm analyzes an image on its own, whereas traditional machine learning takes into account human-developed features [4]

Литература [References]

1. Tabár L, Vitak B, Chen HH, et al. Beyond randomized controlled trials: organized mammographic screening substantially reduces breast carcinoma mortality. Cancer. 2001; 91(9): 1724–31. https://doi.org/10.1002/1097-0142(20010501)91:9<1724::aid-cncr1190>3.0.co;2-v.
2. Ren W, Chen M, Qiao Y, Zhao F. Global guidelines for breast cancer screening: a systematic review. Breast. 2022; 64: 85–99. https://doi.org/10.1016/j.breast.2022.04.003.
3. Talley CH, Yang L, Williams KP. Breast cancer screening paved with good intentions: application of the information-motivation-behavioral skills model to racial/ethnic minority women. J Immigr Minor Health. 2017; 19(6): 1362–71. https://doi.org/10.1007/s10903-016-0355-9.
4. Weiyu W, Siau K. Artificial intelligence, machine learning, automation, robotics, future of work and future of humanity: a review and research agenda. In: Research anthology on machine learning techniques, methods, and applications. Chapter 76. Engineering Science Reference; 2022: 1460–81.
5. Kufel J, Bargieł-Łączek K, Kocot S, et al. What is machine learning, artificial neural networks and deep learning? – Examples of practical applications in medicine. Diagnostics. 2023; 13(15): 2582. https://doi.org/10.3390/diagnostics13152582.
6. Logan J, Kennedy PJ, Catchpoole D. A review of the machine learning datasets in mammography, their adherence to the FAIR principles and the outlook for the future. Sci Data. 2023; 10(1): 595. https://doi.org/10.1038/s41597-023-02430-6.
7. Ayer T, Chen Q, Burnside ES. Artificial neural networks in mammography interpretation and diagnostic decision making. Comput Math Methods Med. 2013; 2013: 832509. https://doi.org/10.1155/2013/832509.
8. Pesapane F, Trentin C, Ferrari F, et al. Deep learning performance for detection and classification of microcalcifications on mammography. Eur Radiol Exp. 2023; 7(1): 69. https://doi.org/10.1186/s41747-023-00384-3.
9. Lamb LR, Lehman CD, Gastounioti A, et al. Artificial intelligence (AI) for screening mammography, from the AJR special series on AI applications. AJR Am J Roentgenol. 2022; 219(3): 369–80. https://doi.org/10.2214/AJR.21.27071.
10. Al Muhaisen S, Safi O, Ulayan A, et al. Artificial intelligence-powered mammography: navigating the landscape of deep learning for breast cancer detection. Cureus. 2024; 16(3): e56945. https://doi.org/10.7759/cureus.56945.
11. Uzun Ozsahin D, Ikechukwu Emegano D, Uzun B, Ozsahin I. The systematic review of artificial intelligence applications in breast cancer diagnosis. Diagnostics. 2022; 13(1): 45. https://doi.org/10.3390/diagnostics13010045.
12. Yala A, Lehman C, Schuster T, et al. A deep learning mammography-based model for improved breast cancer risk prediction. Radiology. 2019; 292(1): 60–6. https://doi.org/10.1148/radiol.2019182716.
13. Yoon JH, Kim EK. Deep learning-based artificial intelligence for mammography. Korean J Radiol. 2021; 22(8): 1225–39. https://doi.org/0.3348/kjr.2020.1210.
14. Bahl M, Do S. Artificial intelligence for breast cancer screening: trade-offs between sensitivity and specificity. Radiol Artif Intell. 2024; 6(3): e240184. https://doi.org/10.1148/ryai.240184.
15. Васильев Ю.А., Тыров И.А., Владзимирский А.В. и др. Двойной просмотр результатов маммографии с применением технологий искусственного интеллекта: новая модель организации массовых профилактических исследований. Digital Diagnostics. 2023; 4(2): 93–104. https://doi.org/10.17816/DD321423.
[Vasilev YuA, Tyrov IA, Vladzymyrskyy AV, et al. Double-reading mammograms using artificial intelligence technologies: a new model of mass preventive examination organization. Digital Diagnostics. 2023; 4(2): 93–104 (in Russ). https://doi.org/10.17816/DD321423.]
16. Павлович П.И., Бронов О.Ю., Капнинский А.А. и др. Сравнительное исследование результатов анализа данных цифровой маммографии системы на основе искусственного интеллекта «Цельс» и врачей-рентгенологов. Digital Diagnostics. 2021; 2(2S): 22–3. https://doi.org/10.17816/DD83184.
[Pavlovich PI, Bronov OY, Kapninsky AA, et al. Comparative study of the digital mammography data analysis system based on artificial intelligence "Celsus" and radiologists. Digital Diagnostics. 2021; 2(2S): 22–3 (in Russ). https://doi.org/10.17816/DD83184.]
17. Васильев Ю.А., Владзимирский А.В., Арзамасов К.М. и др. Первые 10000 маммографических исследований, выполненных в рамках услуги «описание и интерпретация данных маммографического исследования с использованием искусственного интеллекта». Менеджер здравоохранения. 2023; 8: 54–67. https://doi.org/10.21045/1811-0185-2023-8-54-67.
[Vasiliev YA, Vladzimirsky AV, Arzamasov KM, et al. The first 10,000 mammography exams performed as part of the "Description and interpretation of mammography data using artificial intelligence" service. Manager Zdravookhranenia. 2023; 8: 54–67 (in Russ). https://doi.org/10.21045/1811-0185-2023-8-54-67.]
18. Wong DJ, Gandomkar Z, Wu WJ, et al. Artificial intelligence and convolution neural networks assessing mammographic images: a narrative literature review. J Med Radiat Sci. 2020; 67(2): 134–42. https://doi.org/10.1002/jmrs.385.
19. Helal M, Khaled R, Alfarghaly O, et al. Validation of artificial intelligence contrast mammography in diagnosis of breast cancer: relationship to histopathological results. Eur J Radiol. 2024; 173: 111392. https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2024.111392.
20. Carriero A, Groenhoff L, Vologina E, et al. Deep learning in breast cancer imaging: state of the art and recent advancements in early 2024. Diagnostics. 2024; 14(8): 848. https://doi.org/10.3390/diagnostics14080848.
21. Mračko A, Vanovčanová L, Cimrák I. Mammography datasets for neural networks-survey. J Imaging. 2023; 9(5): 95. https://doi.org/10.3390/jimaging9050095.