

Применение искусственного интеллекта в диагностике рака молочной железы

Аннотация. В статье рассматривается использование технологий искусственного интеллекта (ИИ) для диагностики рака молочной железы (РМЖ). Проведена качественная и экономическая оценка применения для этой цели программно-аппаратного комплекса «Faust View», основанного на алгоритмах ИИ. Исследование показало, что заключения, сформулированные с помощью данной системы, сопоставимы по точности с результатами, полученными врачами-рентгенологами, что позволяет говорить о возможности внедрения ее в клиническую практику для снижения нагрузки на медицинский персонал. Продемонстрирована экономическая эффективность такого подхода.

Ключевые слова: искусственный интеллект, рак молочной железы, маммография, диагностика, BI-RADS, Faust View, медицинские технологии.

Для цитирования: Лось Д., Шаршакова Т. Применение искусственного интеллекта в диагностике рака молочной железы // Наука и инновации. 2025. №3. С. 76–83.
<https://doi.org/10.29235/1818-9857-2025-3-76-83>

УДК 618.19-006-073.75:004.8



Дмитрий Лось, начальник центра науки, медицинской информации и клинических испытаний Гомельского государственного медицинского университета; dimalos@list.ru



Тамара Шаршакова, заведующий кафедрой общественного здоровья и здравоохранения ГомГМУ, доктор медицинских наук, профессор; t_sharshakova@mail.ru

Злокачественные новообразования молочной железы представляют собой важную медицинскую и социально-экономическую проблему, поскольку являются одними из самых распространенных онкологических заболеваний и в структуре смертности от них у женского населения занимают первое место [1].

Золотым стандартом в раннем выявлении РМЖ остается цифровая рентгеновская маммография (ММГ) в краниокаудальной (СС) и медиолатеральной (МЛО) проекциях для женщин старше 49 лет. Но имеется ряд причин, затрудняющих такую диагностику: человеческий фактор, высокая нагрузка на врача-рентгенолога, плотный рентгенологический фон [2, 3].

Для исключения ошибок или гипердиагностики РМЖ и в нашей стране, и за рубежом применяется метод двойного чтения: каждый случай рассматривается двумя рентгенологами [2].

В соответствии с приказом Министерства здравоохранения Республики Беларусь

от 29.12.2023 г. №1957 «Об утверждении рекомендаций о порядке ранней диагностики предопухлевых и опухолевых заболеваний» чтение (описание) ММГ осуществляется независимо друг от друга двумя врачами-рентгенологами, каждый из которых заполняет отдельный протокол с определением категории и типа рентгеновской плотности молочных желез по классификации системы отчетности и данных по визуализации молочной железы BI-RADS (Breast Imaging Reporting and Data System). Сверку заключений выполняет рентгенолаборант. В случае совпадения выставленных категорий BI-RADS исследование считается завершен-

ным. При их несовпадении ММГ отправляются на третье чтение в областной онкологический диспансер, где хранятся для оценки контроля качества. При несовпадении типов третье чтение не проводится, указывается наибольший из них [4].

Хотя время считывания для 2D-маммографии составляет 30–60 с, большие объемы данных и двойная процедура создают большую нагрузку на персонал и ресурсы организаций здравоохранения. В связи с этим во многих медучреждениях Беларуси, в том числе Гомельской области, двойное чтение ММГ не всегда возможно обеспечить в полном объеме [5].

Благодаря развитию технологий ИИ, в частности компьютерного зрения, появилась возможность использовать программное обеспечение (ПО) на его основе для оценки цифровых ММГ: анализа, разметки подозрительных областей и, в ряде случаев, дифференциальной диагностики выявленных изменений без дополнительных исследований, а значит, и финансовых затрат, что также позволяет проводить двойное описание в тех медучреждениях, где данная практика не применяется [6, 7].

Исследования демонстрируют, что чувствительность отдельного ИИ-алгоритма сопоставима с точностью оценки показателей врачом-рентгенологом [8], а отдельные авторы указывают даже на превосходство ИИ [9].

В работе S.M. McKinney с соавторами была показана возможность использования алгоритмов ИИ в модели двойного чтения при сохранении производительности и снижении нагрузки на второго читателя ММГ на 88% [7, 9]. ПО на основе ИИ все чаще рассматривается как реалистичный вариант решения проблемы

нехватки врачей-рентгенологов и повышения уровня выявления РМЖ [10, 11].

Существует как минимум 3 альтернативных варианта применения данных технологий. Во-первых, ИИ может быть реализован как независимый алгоритм, заменяющий одного из двух рентгенологов в двойном чтении [12]. Во-вторых – использован как инструмент сортировки всего объема ММГ, определяя наиболее подозрительные из них [13, 14]. В-третьих – в качестве параллельного ассистента, оказывающего поддержку врачу в принятии решений [15].

Цель данного исследования – проведение качественной оценки эффективности программно-аппаратного комплекса «Faust view» («Элитсофт», Беларусь) на основе технологий ИИ для раннего выявления РМЖ, а также экономической выгоды от его внедрения.

Материалы и методы

В качестве материала были использованы результаты обработки (описание и интерпретация) комплексом «Faust View» 1175 цифровых маммограмм, полученных в рамках проведения диспансеризации взрослого населения в течение октября – декабря 2024 г. в организациях здравоохранения Гомеля и Гомельской обл.

Пациентам выполнялась ММГ обеих молочных желез в двух стандартных проекциях (СС, МЛО) с помощью цифровых маммографов «Маммоскан» («Адани», Беларусь). Каждое исследование описывалось врачом-рентгенологом со стажем работы до 5 лет, не работающим по субспециализации «маммография». После этого изображения в формате DICOM направлялись в ком-

плекс «Faust View». Также ММГ оценивались врачом-маммологом со стажем более 10 лет, который не имел доступа к заключениям, сделанным первым рентгенологом и ИИ. Описание ММГ проводилось с помощью системы BI-RADS путем присваивания категорий от 0 до 5 в зависимости от степени риска наличия злокачественных опухолей [1, 6, 9].

Любое подозрительное образование классифицировалось в соответствии с маммографическими признаками: масса, микрокальцификации, архитектурные искажения, асимметричная плотность, втягивание сосков, утолщение кожи, подозрительный подмышечный лимфатический узел. В каждый сеанс работы ИИ измерялось время работы алгоритма при помощи секундомера, который останавливался при принятии решения о наличии патологии или без нее, не включая время для дальнейшей интерпретации результатов и написания полной оценки. В качестве общей категории BI-RADS для каждого пациента было выбрано ее максимальное значение относительно двух молочных желез.

Интерфейс комплекса «Faust View» совмещает в себе режимы просмотра DICOM-изображений и их анализа, в ходе которого определяется плотность по системе ACR, область поражения ткани, наличие кальцинатов и выставляется категория BI-RADS для выявленных образований.

Из общего числа использованных в исследовании ММГ были исключены 28, для которых алгоритмом ИИ не была определена данная категория. Таким образом, дальнейшее сравнение результатов осуществлялось для 1147 ММГ, из которых была сформирована выборка – 2294 случая со значениями категорий

BI-RADS 1–5, выставленными врачом-рентгенологом.

Оценку результатов проводили для следующих шкал:

- бинарная шкала 1 (BI-RADS 1–3 = 0 – отсутствие признаков ЗНО; BI-RADS 4–6 = 1 – наличие признаков ЗНО);
- бинарная шкала 2 (BI-RADS 1, 2 = 0 – отсутствие признаков ЗНО; BI-RADS 4–6 = 1 – наличие признаков ЗНО). При исключении категории BI-RADS 3 из бинарной шкалы 2 были удалены все строки с результатом BI-RADS 3 у врача, ПО на основе ИИ и эксперта;
- диагностическая шкала BI-RADS 1–5.

Результаты оценивали относительно шкалы BI-RADS, за исключением 6-й категории, которая оценивалась как 5-я. Также оценку проводили относительно бинарных шкал.

Согласованность результатов, выраженную в количественной оценке совпадений и расхождений, а также коэффициент межэкспертного согласия (коэффициент Каппа – Коэна) рассчитывали в парах: ИИ/врач, врач/эксперт и ИИ/эксперт относительно отдельных категорий BI-RADS и бинарных шкал 1 и 2.

Оценку точности ПО на основе ИИ проводили относительно врача и эксперта путем расчета следующих метрик: AUC ROC, точности (1), чувствительности (2) и специфичности (3):

$$(1) \text{ точность} = (\text{ИП} + \text{ИО}) / (\text{ИП} + \text{ЛО} + \text{ИО} + \text{ЛП});$$

$$(2) \text{ чувствительность (Se)} = \text{ИП} / (\text{ИП} + \text{ЛО});$$

$$(3) \text{ специфичность (Sp)} = \text{ИО} / (\text{ЛП} + \text{ИО}),$$

где ЛП – ложноположительные результаты,

ЛО – ложноотрицательные,

ИП – истинно положительные результаты,

ИО – истинно отрицательные.

Все количественные расчеты совпадений, расхождений, коэффициента Каппа – Коэна, а также метрик (операционных характеристик): ЛП, ЛО, ИП, ИО, AUC ROC, точности, чувствительности и специфичности, осуществляли с использованием языка программирования R и библиотек `epiR`, `caret`, `pROC` [1].

Результаты и обсуждение

Количественные характеристики результатов определения категорий BI-RADS врачом и ИИ относительно всех исследований, а также экспертом, врачом и ИИ приведены в *табл. 1*. ИИ продемонстрировал высокую степень согласованности с врачом и экспертом в категориях BI-RADS 1 и 2, однако при диагностике BI-RADS 3–5 были отмечены расхождения, свидетельствующие о необходимости дополнительной валидации методики. Значения коэффициента Каппа – Коэна для пар врач-рентгенолог/ИИ, врач-рентгенолог/эксперт и ИИ/эксперт были рассчитаны для каждой категории BI-RADS и бинарных шкал.

ИИ показал сопоставимые значения чувствительности и специфичности с врачами-рентгенологами, а в некоторых случаях даже превосходил их. Однако различия в оценке категорий BI-RADS 2–3 указывали на необходимость адаптации алгоритма. ROC-анализ применялся для визуализации и количественной оценки диагностической точ-

Признак		Правая МЖ		Левая МЖ	
		0	1	0	1
Бинарная шкала 1	Врач	1112 (98,0%)	23 (2,0%)	1110 (97,8%)	25 (2,2%)
	ИИ	1110 (97,8%)	25 (2,2%)	1108 (97,6%)	27 (2,4%)
	Эксперт	1107 (97,5%)	28 (2,5%)	1107 (97,5%)	28 (2,5%)
Бинарная шкала 2	Врач	1021 (97,9%)	22 (2,1%)	1020 (97,8%)	23 (2,2%)
	ИИ	1020 (97,8%)	23 (2,2%)	1021 (97,9%)	22 (2,1%)
	Эксперт	1018 (97,6%)	25 (2,4%)	1019 (97,7%)	24 (2,3%)

Таблица 1. Распределение по бинарным шкалам категорий BI-RADS

Группы сравнения	Бинарная шкала 1			Бинарная шкала 2		
	AUC	Se	Sp	AUC	Se	Sp
ИИ (ПЖ) и Эксперт (ПЖ)	0,93	0,86	1	0,94	0,88	1
ИИ (ЛЖ) и Эксперт (ЛЖ)	0,95	0,89	1	0,94	0,88	1
Врач (ПЖ) и Эксперт (ПЖ)	0,86	0,71	1	0,90	0,80	1
Врач (ЛЖ) и Эксперт (ЛЖ)	0,91	0,82	1	0,96	0,92	1

Таблица 2. Характеристика точности бинарных шкал 1 и 2

ности методов. Кривые, построенные для различных пар сравнения (ИИ/эксперт, врач/эксперт, ИИ/врач), позволили определить площадь под кривой (AUC), которая является показателем эффективности диагностического метода (табл. 2).

Чем ближе AUC к 1, тем выше способность метода точно различать патологические и непатологические случаи. Анализ показал, что ПО на основе ИИ имеет AUC, сопоставимый с врачами-рентгенологами, и это подтверждает возможность его использования в качестве вспомогательного инструмента в клинической практике.

Для оценки согласованности (точности) метода применялся подход «один против всех» (One-vs-Rest): каждая категория берется отдельно, а все остальные объединяются в общую. Например, для BI-RADS 1 назначается метка 1, а BI-RADS 2 + BI-RADS 3 + BI-RADS 4 + BI-RADS 5 – метка 0. Далее рассчитываются операционные характеристики (включая ROC-кривые). Результаты отображены в табл. 3.

На рис. 1 представлены объединенные ROC-кривые для сравнения диагностической эффективности врача и ПО. На оси X показана доля ложноположительных результатов (1 – специфичность), на оси Y – доля истинно положительных (чувствительность). Площадь под кривой (AUC) позволяет количественно оценить эффективность диагностических методов.

На рис. 1А отображен график AUC ROC для ПО относительно заключений эксперта, демонстрирующий соотношение истинно положительных и ложноположительных результатов ПО при интерпретации снимков левой молочной железы, на рис. 1Б –

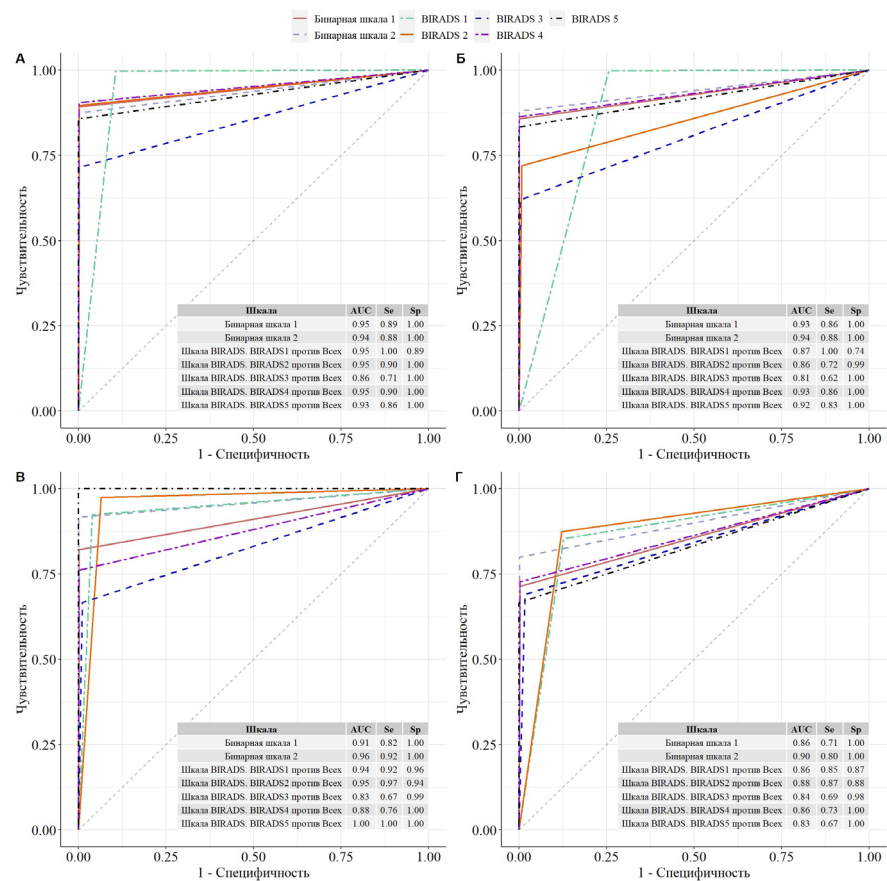


Рис. 1. Объединенные ROC-кривые для сравнения диагностической эффективности врача и ПО

правой. Значения AUC 0,95 и 0,93 соответственно указывают на высокую эффективность алгоритма при классификации маммографических изображений.

На рис. 1В показана AUC ROC для врача относительно заключений эксперта: график иллюстрирует диагностическую точность врача при интерпретации снимков левой молочной железы, рис. 1Г – правой. AUC = 0,91 в первом случае свидетельствует о высокой степени точности врача при классификации патологий, а AUC = 0,86 во втором – на умеренно высокую.

Значения AUC для ПО выше, чем у врача, что подтверждает высокую согласованность алгоритма с экспертными заключениями.

На рис. 2 представлен пример обработки ММГ с использованием «Faust View». В левой части показан исходный маммографический снимок, а в правой – его интерпретация системой.

ИИ автоматически анализирует изображение, выделяя потенциально патологические зоны и классифицируя их по шкале BI-RADS. Визуализация включает цветовую разметку, где области повышенного риска помечены соответствующими маркерами.

В представленном примере алгоритм успешно идентифицировал зону новообразования и присвоил ей категорию BI-RADS 4, что требует дальнейшего дообследования.

Это свидетельствует о том, что комплекс «Faust View» обладает высокой диагностической эффективностью и может использоваться в качестве вспомогательного инструмента для интерпретации ММГ, что повысит точность диагностики и снизит вероятность пропуска патологий.

Для проведения сравнительной оценки экономических затрат были рассмотрены 2 метода описания ММГ: традиционный, с участием 2 врачей-рентгенологов, и предлагаемый – с участием 1 врача-рентгенолога и технологий ИИ. Использовался анализ «минимизации затрат» (CMA – cost minimization analysis) – частный

случай анализа «затраты – эффективность», при котором проводится сравнительная оценка технологий, характеризующихся идентичной эффективностью, но разной стоимостью.

Метод предусматривает учет всех затратных составляющих медицинской технологии; расчет проводится по формуле:

$$CMA = Cost1 - Cost2,$$

где CMA – разница соотношений затрат,

Cost1 – затраты при 1-м методе лечения (руб.),

Cost2 – затраты при 2-м методе лечения (руб.).

Данный подход целесообразно применять при сравнительном анализе разных условий одного и того же диагностического метода, при котором результаты анализа представляются как разница в затратах при проведении исследования. Данные расчета по разным методикам представлены в табл. 4 и 5.

Для расчета экономических затрат и себестоимости диагностических мероприятий были приняты следующие условные обозначения: основная заработная плата (ОЗП), дополнительная заработная плата (ДЗП), отчисления в фонд социальной защиты населения (ОФСЗН), страховой взнос по обязательному страхованию от несчастных случаев (СВОСНС), профессиональное пенсионное страхование (ППС), накладные расходы (НР), амортизация медицинского оборудования (АМО), себестоимость (СС).

Сравнительная оценка двух вариантов интерпретации ММГ показала, наряду с предполагаемой одинаковой эффективностью используемых методов, различия в экономических затратах на диагностику (табл. 5).

Экономическая эффективность метода с использованием ИИ выше в два раза в сравнении с традиционным подходом и составляет на каждого пациента:

$$CMA = Cost1 - Cost2 = 23,3886 - 11,6943 = 11,6943 \text{ руб.}$$

Это объясняется также меньшими временными затратами специалистов, анализирующих результаты маммографии: норма времени диагностики с участием двух врачей-рентгенологов составляет 40 мин, а с использованием ИИ – в среднем 20 мин на описание одним врачом и 15 с – алгоритмом ИИ.

Группы сравнения		AUC	Se	Sp
ИИ (ПЖ) и эксперт (ПЖ)	BI-RADS 1 против всех	0,87	1,00	0,74
ИИ (ЛЖ) и эксперт (ЛЖ)		0,95	1,00	0,89
Врач (ПЖ) и эксперт (ПЖ)		0,86	0,85	0,87
Врач (ЛЖ) и эксперт (ЛЖ)		0,94	0,92	0,96
ИИ (ПЖ) и эксперт (ПЖ)	BI-RADS 2 против всех	0,86	0,72	0,99
ИИ (ЛЖ) и эксперт (ЛЖ)		0,95	0,90	1,00
Врач (ПЖ) и эксперт (ПЖ)		0,88	0,87	0,88
Врач (ЛЖ) и эксперт (ЛЖ)		0,95	0,97	0,94
ИИ (ПЖ) и эксперт (ПЖ)	BI-RADS 3 против всех	0,81	0,62	1,00
ИИ (ЛЖ) и эксперт (ЛЖ)		0,86	0,71	1,00
Врач (ПЖ) и эксперт (ПЖ)		0,84	0,69	0,98
Врач (ЛЖ) и эксперт (ЛЖ)		0,83	0,67	0,99
ИИ (ПЖ) и эксперт (ПЖ)	BI-RADS 4 против всех	0,93	0,86	1,00
ИИ (ЛЖ) и эксперт (ЛЖ)		0,95	0,90	1,00
Врач (ПЖ) и эксперт (ПЖ)		0,86	0,73	1,00
Врач (ЛЖ) и эксперт (ЛЖ)		0,88	0,76	1,00
ИИ (ПЖ) и эксперт (ПЖ)	BI-RADS 5 против всех	0,92	0,83	1,00
ИИ (ЛЖ) и эксперт (ЛЖ)		0,93	0,86	1,00
Врач (ПЖ) и эксперт (ПЖ)		0,83	0,67	1,00
Врач (ЛЖ) и эксперт (ЛЖ)		1,00	1,00	1,00

Таблица 3. Характеристики точности алгоритма ИИ для шкал BI-RADS 1–5

Вместе с тем при традиционном методе интерпретации ММГ возможна оптимизация стоимости диагностики путем уменьшения норм времени работы врачей-рентгенологов за счет интенсификации процесса описания изображений, но не более, чем на 5 и 10 мин.

В табл. 6 и 7 показано, как уменьшается себестоимость исследования при сокращении времени работы специалиста.

Для расчета экономического эффекта от оптимизации норм времени работы врача был применен СМА. Анализ его результатов, приведенных в табл. 7, позволяет сделать следующие выводы:

- *снижение временных норм для интерпретации ММГ на 5 мин для каждого из двух врачей-рентгенологов позволяет уменьшить себестоимость исследования на 5,8472 руб.;*

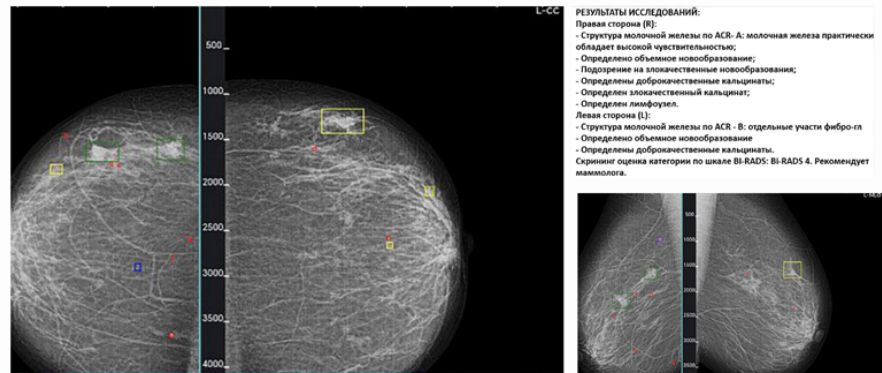


Рис. 2. Пример работы ИИ в интерпретации маммографического снимка

- *себестоимость традиционного метода и способа с применением ИИ будет идентична при условии снижения временных норм работы каждого врача-рентгенолога на 10 мин.*

Оценка планируемой коммерческой эффективности внедрения комплекса интерпретации ММГ «Faust View» основана на подходах, закрепленных в постановлении Госкомитета по науке

и технологиям от 19.11.2018 г. №30 «Об утверждении методических рекомендаций по оценке эффективности научных, научно-технических и инновационных разработок и их внедрения».

Экономический эффект (Э) определяется по формуле:

$$\text{Э} = \text{Рт} - \text{Зт},$$

где Рт – величина дохода (поступления средств от результатов

Наименование медицинской услуги	Норма времени на интерпретацию ММГ (мин)	Должность специалиста, оказывающего медицинскую услугу	Зарплатная плата специалиста за одну минуту (руб.)	Зарплатная плата специалиста за интерпретацию ММГ (руб.)
Диагностика с участием двух врачей-рентгенологов	20	врач-рентгенолог	0,22	4,57
	20	врач-рентгенолог	0,22	4,57
ИТОГО				9,14
Диагностика с использованием ИИ	20	врач-рентгенолог	0,22	4,57
ИТОГО				4,57

Таблица 4. Сравнение затрат на интерпретацию ММГ при традиционном методе и с использованием ИИ

Показатели	ОЗП, руб.	ДЗП, руб.	ОФСЗН, руб.	СВОСНС, руб.	ППС, руб.	НР, руб.	АМО, руб.	СС, руб.
Традиционный метод диагностики с участием двух врачей-рентгенологов	9,14	0,74	3,36	0,0089	0,89	9,23	0,00	23,38
Метод диагностики с использованием ИИ	4,57	0,37	1,68	0,0045	0,44	4,61	0,00	11,69

Таблица 5. Экономические затраты, себестоимость диагностических мероприятий

использования разработок), приведенная к определенному периоду проекта,

$Zт$ – сумма расходов на создание и коммерциализацию результата разработки за расчетный период.

Так, за 3 года применения ПО экономический эффект будет равен:

$$\begin{aligned} \text{Э} &= \text{Рт} - \text{Зт} = (44793 \cdot 3 \text{ года} \\ &\cdot 11,6943 \text{ руб.}) - 997\,592,59 \text{ руб.} \\ &= 573\,875,75 \text{ руб.,} \end{aligned}$$

где 44 793 – количество обследованных, чел.,

11,6943 руб. – условный доход на человека от внедрения программы, равный экономии от этого шага (см. выше),

997 592,59 руб. – сумма расходов на создание программы.

Показателями эффективности использования результатов разработок НТП, мероприятий по научному обеспечению государственных программ (инновационных проектов) являются эффективность вложенных инвестиций (расходов) и период их окупаемости.

Эффективность расходов на создание технологий ИИ и использование результата разработки (вложенных инвестиций) (Эи) определяется по формуле:

$$\text{Эи} = \text{Э} / \text{Зт} = 573\,875,75 / 997\,592,59 = 0,5,$$

период окупаемости инвестиций в разработку (Рин) – по формуле:

$$\begin{aligned} \text{Рин} &= \text{Зт} / \text{Э} = 997\,592,59 / 573\,875,75 \\ &= 1,74 \text{ года.} \end{aligned}$$

Установлено, что через 1,74 года повсеместного использования ИИ уровень чистого дохода (в данном случае – экономии) системы здравоохранения Гомельской области станет равным сумме вложенных в разработку и внедрение ПО

средств. Срок, необходимый для окупаемости инвестиций, указывает на перспективность применения технологий ИИ при выявлении РМЖ.

Выводы

Программно-аппаратный комплекс «Faust View» продемонстрировал высокую диагностическую эффективность, сопоставимую с оценкой врачом-экспертом и превышающую показатели начина-

Наименование медицинской услуги	Норма времени (мин)	Зарботная плата специалиста за 1 мин (руб.)	Зарботная плата специалиста за интерпретацию ММГ (руб.)
Традиционный метод диагностики с участием двух врачей-рентгенологов	20	0,22	4,57
ИТОГО по традиционному методу диагностики (20 мин на врача-рентгенолога)			9,14
Традиционный метод диагностики с участием двух врачей-рентгенологов	15	0,22	3,42
ИТОГО по традиционному методу диагностики (15 мин на врача-рентгенолога)			6,85
Традиционный метод диагностики с участием двух врачей-рентгенологов	10	0,22	2,28
ИТОГО по традиционному методу диагностики (10 мин на врача-рентгенолога)			4,57

Таблица 6. Расчет заработной платы специалистов, проводящих диагностику рака молочной железы по традиционному методу диагностики

Время работы каждого врача-рентгенолога при традиционном методе	ОЗП, руб.	ДЗП, руб.	ОФСЗН, руб.	СВОСНС, руб.	ППС, руб.	НР, руб.	АМО, руб.	СС, руб.
20 мин	9,14	0,74	3,36	0,0089	0,89	9,23	0,00	23,38
15 мин	6,85	0,56	2,52	0,0067	0,66	6,92	0,00	17,54
10 мин	4,57	0,37	1,68	0,0045	0,44	4,61	0,00	11,69

Таблица 7. Показатели изменения себестоимости традиционного исследования молочной железы при изменении норм времени врача-рентгенолога

ющих рентгенологов. Чувствительность и специфичность ИИ достигли 86–89% и 100% соответственно, что подтверждает его способность минимизировать ложноположительные результаты. Коэффициент Каппа – Коэна показал высокую степень согласованности результатов ММГ между ИИ и экспертом, особенно для BI-RADS 1–2. В бинарных шкалах (наличие/отсутствие патологии) ИИ демонстрирует сопоставимую с врачом точность, что позволяет рассматривать его как инструмент для двойного чтения.

Использование ИИ вместо второго рентгенолога снижает себестоимость диагностики в 2 раза (с 23,38 до 11,69 руб. на пациента), сокращает время интерпретации маммограмм и снижает нагрузку на врачей, особенно в регионах с дефицитом кадров. Также система способна выполнять функции «параллельного ассистента», выделяя подо-

зрительные области и уменьшая риск пропуска патологий, что повышает доступность качественной диагностики РМЖ и способствует раннему выявлению онкопатологий. При этом необходим регулярный аудит работы алгоритма с участием экспертов для коррекции ошибок и обучения модели.

Внедрение ИИ в качестве вспомогательного инструмента для двойного чтения может стать важным компонентом совершенствования оказания медицинской помощи населению, в том числе в Гомельской области.

Стоит также отметить социальную эффективность предлагаемого подхода, обеспечивающего улучшение профессиональных навыков врачебного персонала, а также образовательных программ при подготовке молодых специалистов. ■

Статья поступила в редакцию
13.02.2025 г.

■ **Summary.** The article examines the use of artificial intelligence (AI) technologies for the diagnosis of breast cancer. A qualitative and economic assessment of the use of the «Faust View» software and hardware complex based on AI algorithms was conducted. The study found that the conclusions formulated using this system are comparable in accuracy to the results obtained by radiologists. This indicates the potential for its implementation in clinical practice to reduce the workload on medical personnel. The economic efficiency of this approach was demonstrated, showing that it could be a cost-effective solution for improving healthcare outcomes and managing resources more effectively.

■ **Keywords:** artificial intelligence, breast cancer, mammography, diagnostics, BI-RADS, Faust View, medical technology.

■ <https://doi.org/10.29235/1818-9857-2025-03-76-83>

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Первые 10000 маммографических исследований, выполненных в рамках услуги «Описание и интерпретация данных маммографического исследования с использованием искусственного интеллекта» / Ю.А. Васильев [и др.] // Менеджер здравоохранения. 2023. №8. С. 54–67. Doi: 10.21045/1811–0185–2023–8–54–67.
2. Возможности искусственного интеллекта в оценке риска рака молочной железы на маммографических изображениях (клинические примеры) / В.А. Солонский [и др.] // Вестник Российского научного центра рентгенорадиологии. 2023. №1. С. 25–31.
3. Croskerry P. Achieving quality in clinical decision making: cognitive strategies and detection of bias // Acad Emerg Med. 2002. №9(11). P. 1184–1204. Doi: 10.1111/j.1553–2712.2002.tb01574.x.
4. Захарова Н.А. / Рентгенологическая плотность молочных желез как фактор риска развития рака молочной железы // Креативная хирургия и онкология. 2012. №4. С. 52–57.
5. Волчек В.С. Пути повышения эффективности скрининга рака: выявление и преодоление барьеров / В.С. Волчек, Т.М. Шаршакова // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2023. №4. С. 731–750.
6. The value of computer aided detection system in breast cancer difficult to detect at screening mammography / D.V. Pasyнков [et al.] // Rejr. 2019. №9 (2). P. 107–118.
7. Двойной просмотр результатов маммографии с применением технологий искусственного интеллекта: новая модель организации массовых профилактических исследований / Ю.А. Васильев [и др.] // Digital Diagnostics. 2023. Т. 4. №2. Doi: 10.17816/DD321423.
8. Combining the strengths of radiologists and AI for breast cancer screening: a retrospective analysis / C. Leibig [et al.] // Lancet Digit Health. 2022. №4(7). P. e507–e519. Doi: 10.1016/S2589–7500(22)00070-X.
9. International evaluation of an AI system for breast cancer screening / S.M. McKinney [et al.] // Nature. 2020. Oct. №586, 577. P. 89–94. Doi: 10.1038/s41586 019 1799 6.
10. Can artificial intelligence reduce the interval cancer rate in mammography screening? / K. Lång [et al.] // 2021. Eur Radiol. №31. P. 5940–5947.
11. Implications for downstream workload based on calibrating an artificial intelligence detection algorithm by standalone-reader or combined-reader sensitivity matching / K. Dembrower [et al.] // 2023. J Med Imaging (Bellingham). №10 (S2). P. S22405–S22405.
12. External evaluation of 3 commercial artificial intelligence algorithms for independent assessment of screening mammograms / M. Salim [et al.] // JAMA Oncol. 2020. №6 (10). P. 1581–1588. <https://doi.org/10.1001/jamaoncol.2020.3321>.
13. Effect of artificial intelligencebased triaging of breast cancer screening mammograms on cancer detection and radiologist workload: a retrospective simulation study / K. Dembrower [et al.] // Lancet Digit Health. 2020. №2 (9). P. e468–e474.
14. An artificial intelligence–based mammography screening protocol for breast cancer: outcome and radiologist workload / A.D. Lauritzen [et al.] // Radiology. 2022. №304(1). P. 41–49.
15. Detection of breast cancer with mammography: effect of an artificial intelligence support system / a. rodríguez-ruiz [et al.] // radiology. 2019. №290 (2). p. 305–314. <https://doi.org/10.1148/radiol.2018181371>.