

Способ расчета финансовых затрат на диагностику с применением моделей искусственного интеллекта случая заболевания и оценки ее медико-экономической эффективности на уровне региона

Д.И. Корабельников, А.И. Ламоткин

Автономная некоммерческая организация дополнительного профессионального образования «Московский медико-социальный институт им. Ф.П. Гааза» (2-я Брестская ул., д. 5, Москва 123056, Российская Федерация)

Для контактов: Андрей Игоревич Ламоткин, e-mail: lamotkin.an@yandex.ru

РЕЗЮМЕ

Цель: разработка и валидация способа оценки медико-экономической эффективности (МЭЭ) диагностики целевых заболеваний (ЦЗ) с применением программ на основе искусственного интеллекта (ИИ) в сравнении с традиционной диагностикой на региональном уровне.

Материал и методы. Использовали медицинские данные 381 пациента с новообразованиями кожи, включая 291 случай доброкачественных и 90 случаев злокачественных новообразований. Моделировали два сценария диагностической маршрутизации: с помощью программ ИИ (порог алгоритма 62%) и традиционная трехэтапная маршрутизация без применения ИИ. Оценка включала расчет финансовых затрат (ФЗ) на каждый выявленный случай ЦЗ и на все случаи ЦЗ в регионе (г. Москва).

Результаты. При применении программы ИИ Derma Onko Check доля необоснованных направлений к дерматовенерологам снизилась с 40,6% до 6,9%, к онкологам – с 22% до 7,6%. Расчеты по разработанному способу оценки МЭЭ показали, что в регионе (г.

Мы предоставляем данную авторскую версию для обеспечения раннего доступа к статье. Эта рукопись была принята к публикации и прошла процесс рецензирования, но не прошла процесс редактирования, верстки, присвоения порядковой нумерации и корректуры, что может привести к различиям между данной версией и окончательной отредактированной версией статьи.

We are providing this an author-produced version to give early visibility of the article. This manuscript has been accepted for publication and undergone full peer review but has not been through the copyediting, typesetting, pagination and proofreading process, which may lead to differences between this version and the final typeset and edited version of the article.

Москва) необоснованные ФЗ при использовании программы ИИ на один случай ЦЗ (меланома кожи С43) составили 282 268,98 руб. против 579 069,26 руб. без применения ИИ. Коэффициент отношения обоснованных ФЗ к необоснованным ФЗ в регионе (г. Москва) составил: при применении ИИ – 1,7 (обоснованные ФЗ преобладают над необоснованными ФЗ), без применения ИИ – 0,31 (необоснованные ФЗ превышают обоснованные ФЗ). При экстраполяции на региональный уровень (г. Москва, 1470 случаев меланомы кожи в 2024 г.) потенциальная экономия необоснованных ФЗ составила 436 296 411,6 руб.

Заключение. Разработанный способ оценки МЭЭ продемонстрировал высокую экономическую эффективность применения программ ИИ в диагностике ЦЗ на примере злокачественных новообразований кожи (меланома кожи С43). Внедрение технологии позволяет оптимизировать маршрутизацию пациентов, сократить ФЗ системы здравоохранения и повысить своевременность диагностики социально значимых заболеваний. Способ может быть адаптирован для оценки МЭЭ использования ИИ в диагностике других нозологических форм.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

медико-экономическая эффективность, искусственный интеллект, злокачественные новообразования кожи, меланома, диагностическая маршрутизация, финансовые затраты, цифровое здравоохранение

Для цитирования

Корабельников Д.И., Ламоткин А.И. Способ расчета финансовых затрат на диагностику с применением моделей искусственного интеллекта случая заболевания и оценки ее медико-экономической эффективности на уровне региона. *ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология.* 2026; 19 [принятая рукопись]. <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2026.362>.

A method for calculating per-case costs of artificial intelligence-assisted diagnostics and evaluating its regional economic efficiency

D.I. Korabelnikov, A.I. Lamotkin

Moscow Haass Medical and Social Institute (5 2nd Brestskaya Str., Moscow 123056, Russian Federation)

Corresponding author: Andrey I. Lamotkin, e-mail: lamotkin.an@yandex.ru

ABSTRACT

Objective: To develop and validate a method for evaluating the regional economic efficiency of integrating artificial intelligence (AI) into target disease (TD) detection compared to conventional diagnostics.

Material and methods. Medical data from 381 patients with skin neoplasms (291 benign and 90 malignant cases) were analyzed to develop and validate a method of economic efficiency evaluation. Two diagnostic routing scenarios were simulated: AI-assisted routing (62% threshold) and conventional three-stage routing without AI. The assessment involved calculating financial costs per each identified TD case and for all its cases in the region.

Results. With the use of the Derma Onko Check AI program, the proportion of unreasonable referrals decreased from 40.6% to 6.9% for dermatologists/venereologists and from 22% to 7.6% for oncologists. Calculations performed using the developed method show that unreasonable financial costs per TD case (C43 skin melanoma) in the Moscow Region amounted to 282,268.98 rubles with the use of AI compared to 579,069.26 rubles with conventional diagnostics. The ratio of reasonable to unreasonable costs was 1.7 with the use of the AI (indicating a predominance of reasonable costs) and 0.31 without AI (where unreasonable costs exceed reasonable costs). When extrapolated to the regional level (Moscow, 1470 cases of skin melanoma in 2024), the potential reduction in unreasonable costs amounts to 436,296,411.6 rubles.

Conclusion. Using skin melanoma as an example, the developed method demonstrated the high economic efficiency of integrating AI into TD diagnostics. This technology provides a means to optimize patient routing, reduce the financial burden on the healthcare system, and ensure earlier detection of socially significant diseases. This method can be adapted to evaluate the economic efficiency of AI integration in diagnosis of other pathologies.

KEYWORDS

economic efficiency, artificial intelligence, malignant skin tumors, melanoma, diagnostic routing, financial costs, digital healthcare

For citation

Korabelnikov D.I., Lamotkin A.I. A method for calculating per-case costs of artificial intelligence-assisted diagnostics and evaluating its regional economic efficiency.

Основные моменты	Highlights
Что уже известно об этой теме?	What is already known about the subject?
Традиционная трехэтапная диагностическая маршрутизация некоторых целевых заболеваний (ЦЗ), например новообразований кожи (врач общей практики/терапевт → дерматовенеролог → онколог) характеризуется низкой чувствительностью на первичном этапе и значительной долей необоснованных направлений к врачам-специалистам, что ведет к задержке установления диагноза и перегрузке системы здравоохранения	The conventional three-stage diagnostic routing is characterized by low sensitivity at the initial stage for some target diseases (TDs), e.g. skin tumors (general physician → dermatologist → oncologist). This leads to a significant number of unreasonable referrals to specialists, delaying diagnosis and straining the healthcare system
Существующие методы оценки медико-экономической эффективности (МЭЭ) медицинских технологий в полной мере не учитывают многоэтапность диагностической маршрутизации и связанные с ней каскадные потери выявленных случаев ЦЗ	Existing methods for evaluating economic efficiency of medical technologies fail to fully factor in multi-stage diagnostic routing and the associated cascading attrition of identified TD cases
Международные систематические обзоры демонстрируют, что инструменты искусственного интеллекта (ИИ) в онкологической диагностике способны снижать необоснованные финансовые затраты на диагностику одного случая ЦЗ и улучшать клинические исходы, но методологически обоснованных и воспроизводимых моделей оценки МЭЭ для диагностики с применением ИИ при многоэтапной маршрутизации в российской системе здравоохранения в настоящее время нет	International systematic reviews demonstrate that integration of artificial intelligence (AI) into cancer diagnostics can reduce unreasonable costs per one TD case and improve clinical outcomes. However, the Russian healthcare system currently lacks methodologically sound and reproducible models for evaluating the economic efficiency of AI-assisted diagnostics within multi-stage routing
Что нового дает статья?	What are the new findings?

Разработана оригинальная система расчетных формул для оценки МЭЭ диагностики ЦЗ с применением ИИ, основанная на принципе каскадной маршрутизации и учитывающая потери выявленных ЦЗ на каждом диагностическом этапе	An original system of calculation formulas was developed to evaluate the economic efficiency of AI-assisted diagnostics. This system is based on the principle of cascading routing and factors the attrition of identified TD cases at each diagnostic stage
Введены ключевые показатели – необоснованные ФЗ, обоснованные ФЗ и коэффициент их соотношения, обеспечивающие прямое сравнение альтернативных диагностических стратегий независимо от масштаба выборки	Key indicators – unreasonable and reasonable costs along with their ratio – were introduced, enabling a direct comparison of alternative diagnostic strategies regardless of sample size
Как это может повлиять на клиническую практику в обозримом будущем?	How might it impact the clinical practice in the foreseeable future?
Предложенный способ оценки МЭЭ может быть использован органами управления здравоохранением и медицинскими организациями как стандартизированный инструмент экономического обоснования внедрения систем ИИ в диагностические процессы первичного звена	The proposed method for economic efficiency evaluation provides healthcare authorities and medical organizations with a standardized tool to economically justify the integration of AI solutions into primary care
Внедрение данного подхода в практику оценки медицинских технологий будет способствовать объективному сравнению альтернативных диагностических маршрутов при формировании клинических протоколов и программ цифровой трансформации здравоохранения	Integrating this approach into medical technology assessment practices will facilitate the objective comparison of alternative diagnostic routes, informing the development of clinical protocols and digital transformation programs in healthcare

ВВЕДЕНИЕ / INTRODUCTION

Традиционная система диагностики новообразований кожи в первичном звене здравоохранения имеет ряд существенных ограничений. Врачи общей практики (ВОП) и терапевты, к которым пациенты обращаются в первую очередь, не обладают достаточной квалификацией для дифференциальной диагностики доброкачественных и злокачественных новообразований (ДНО и ЗНО) кожи. По данным клинических исследований, чувствительность диагностики меланомы ВОП/терапевтами составляет 44,6%, что означает, что более половины случаев ЗНО кожи остаются не диагностированными на первичном этапе [1]. Это приводит к задержке направления

пациентов к профильным врачам-специалистам и, как следствие, к поздней диагностике заболевания.

Существующие подходы к оценке медико-экономической эффективности (МЭЭ) медицинских технологий не в полной мере учитывают специфику применения искусственного интеллекта (ИИ) в диагностических алгоритмах. В частности, они не отражают многоэтапный характер диагностической маршрутизации пациентов, различную структуру финансовых затрат (ФЗ) на разных этапах диагностики, а также долгосрочные экономические последствия пропущенных (недиагностированных) случаев заболевания [2]. Это создает потребность в разработке специализированного методологического подхода, адаптированного для оценки МЭЭ диагностики с применением моделей ИИ.

Цель – разработка и валидация способа оценки МЭЭ диагностики целевых заболеваний (ЦЗ) с применением программ на основе ИИ в сравнении с традиционной диагностикой на региональном уровне.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ / MATERIAL AND METHODS

Исходные данные / Initial data

Для разработки и валидации способа оценки МЭЭ использовали медицинские данные 381 пациента с новообразованиями кожи, включая 291 случай ДНО и 90 случаев ЗНО. Данные были получены в ходе ранее проведенных клинических исследований эффективности программ ИИ Derma Onko Check [3, 4].

Для моделирования традиционной диагностики (без применения ИИ) использовались показатели диагностической точности (чувствительность и специфичность) врачей-специалистов: ВОП/терапевтов, дерматовенерологов и онкологов полученные из ранее проведенных исследований [1, 5, 6].

Моделирование сценариев диагностической маршрутизации / Modeling diagnostic routing scenarios

Разработку способа оценки МЭЭ проводили на основе моделирования двух сценариев диагностической маршрутизации.

Сценарий 1: маршрутизация на основе заключений программы ИИ с пороговым значением вероятности 62%. Пациенты с вероятностью ЦЗ $\geq 62\%$ направлялись непосредственно к онкологам (одноэтапная маршрутизация), пациенты с вероятностью ЦЗ $< 62\%$ – к дерматовенерологам с последующим направлением к онкологам при необходимости (двухэтапная маршрутизация).

Сценарий 2: традиционная трехэтапная маршрутизация (ВОП/терапевт → дерматовенеролог → онколог) без использования ИИ.

Моделирование учитывало многоэтапность диагностического процесса, при котором на каждом этапе рассчитывали долю пациентов, направляемых на следующий этап, исходя из показателей чувствительности диагностики соответствующими врачами-специалистами. При этом под выявлением ЦЗ понимается непосредственный результат идентификации ЦЗ у пациента на соответствующем этапе маршрутизации, а под диагностикой – общий термин, обозначающий сам процесс клинического обследования пациента врачами-специалистами (включая сбор анамнеза, осмотр и применение необходимых методов обследования), направленный на установление или исключение предварительного диагноза.

Расчет МЭЭ диагностики при выявлении и лечении ЦЗ / Calculating of economic efficiency for detecting and treatment of TD cases

Данные расчета общих ФЗ (англ. total costs, TC) на выявление случаев ЦЗ при диагностике с применением ИИ (TC_{ai}) и без него (TC_{nai}) и количества всех выявленных случаев при диагностике с применением ИИ (N_{Dai}) и без него (N_{Dnai}) приведены на примере результатов проведенных исследований [7, 8].

Значения общих ФЗ $TC_{ai} = 11\,008\,490,52$ руб. и $TC_{nai} = 22\,583\,701,33$ руб. были получены в первой части нашего исследования [8] путем суммирования ФЗ на диагностику всех случаев ЦЗ (меланома кожи С43).

Расчет для региона проводили с учетом фактических тарифов обязательного медицинского страхования (ОМС) г. Москвы на каждый вид медицинской услуги (осмотр врачами-специалистами, дерматоскопия, прижизненное патологоанатомическое исследование биопсийного материала, использование программы ИИ) и распределения пациентов по диагностическим маршрутам в зависимости от результатов диагностики: истинно положительные (ИП), ложноположительные (ЛП), истинно отрицательные (ИО) и ложноотрицательные (ЛО) результаты. При традиционной маршрутизации учитывали ФЗ на трехэтапный диагностический путь (ВОП/терапевт → дерматовенеролог → онколог), при маршрутизации с применением ИИ – ФЗ на одно- и двухэтапные маршруты в зависимости от порога алгоритма маршрутизации 62%.

ФЗ на выявление и лечение одного случая ЦЗ при применении ИИ (PD_{rai}) и без него (PD_{mai}) в регионе вычисляли как отношение общих ФЗ на диагностику к числу выявленных случаев (формулы 1 и 2). Коэффициент снижения ФЗ на выявление и лечение рассчитывали как частное PD_{mai} и PD_{rai} .

Расчет общих ФЗ основан на тарифах ОМС, которые в соответствии со ст. 30 Федерального закона от 29 ноября 2010 г. № 326-ФЗ «Об обязательном медицинском страховании в Российской Федерации»¹ включали статьи затрат, установленные территориальной программой. Тарифы на оплату медицинской помощи, за исключением тарифов на оплату медицинской помощи, оказываемой в соответствии с п. 11 ст. 5 указанного закона, устанавливаются тарифным соглашением, заключаемым между органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации (РФ), уполномоченным высшим исполнительным органом государственной власти субъекта РФ, территориальным фондом ОМС, страховыми медицинскими организациями (за исключением случая осуществления территориальным фондом на территории субъекта РФ полномочий страховых медицинских организаций), медицинскими профессиональными некоммерческими организациями, и могут быть рассчитаны в соответствии с методикой расчета тарифов на оплату медицинской помощи по ОМС в соответствии с приказом Минздрава России от 21 августа 2025 г. № 496н «Об утверждении Правил обязательного медицинского страхования»².

В случае потребности в качестве переменных при применении формул могут быть указаны любые другие суммы стоимости оказания медицинских услуг, включая различное их наполнение по перечню и объему услуг.

Обоснование выбора ЦЗ и особенности расчета ФЗ / TD choice argumentation and peculiarities of FCs calculation

Представленные в данной работе расчеты МЭЭ основаны на конкретных стоимостных параметрах медицинских услуг, определяемых тарифами ОМС, которые существенно различаются по регионам РФ. Тарифы на оплату медицинской помощи формируются на основании тарифных соглашений в соответствии с территориальными программами государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи. Эти различия обусловлены региональными особенностями финансирования здравоохранения, уровнем экономического развития территорий, структурой заболеваемости населения и мощностью медицинской инфраструктуры.

В качестве ЦЗ для валидации способа оценки МЭЭ были выбраны ЗНО кожи, в частности меланомы. Выбор обусловлен рядом ключевых факторов, делающих онкологические заболевания оптимальной моделью для демонстрации МЭЭ применения ИИ в диагностике.

¹ <https://base.garant.ru/12180688>.

² <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/412514889>.

Во-первых, ЗНО кожи относятся к социально значимым заболеваниям, входящим в перечень, утвержденный постановлением Правительства РФ от 1 декабря 2004 г. № 715 «Об утверждении перечня социально значимых заболеваний и перечня заболеваний, представляющих опасность для окружающих»³. Согласно данным Всемирной организации здравоохранения рак кожи занимает одно из ведущих мест в структуре онкологической заболеваемости в мире, при этом меланома характеризуется высоким потенциалом злокачественности и способностью к раннему метастазированию, что определяет значимость этой проблемы общественного здоровья [9].

Во-вторых, диагностика новообразований кожи представляет собой классический пример многоэтапной маршрутизации пациентов через первичное звено (ВОП, терапевты), вторичное звено (врачи-дерматовенерологи) к специализированной онкологической помощи. Такая организация диагностического процесса формирует каскад потенциально предотвратимых ФЗ, связанных с потерями – пропущенными (недиагностированными) случаями ЗНО кожи на каждом этапе, необоснованными направлениями на осмотры врачей-специалистов и дополнительные исследования, повторными осмотрами врачей-специалистов и задержками в установлении заключительного клинического диагноза. Эти особенности делают данную нозологическую группу особенно показательной для демонстрации влияния применения ИИ в диагностике на ее МЭЭ.

В-третьих, поздняя диагностика ЗНО влечет за собой существенное увеличение ФЗ на лечение. Это обусловлено необходимостью применения более агрессивных хирургических вмешательств, системной химиотерапии, таргетной и иммунотерапии, а также длительного диспансерного наблюдения. Формируется значительный каскад потенциально предотвратимых ФЗ системы здравоохранения (включая расходы на лекарственное обеспечение, реабилитацию), Социального фонда России (включая расходы на выплаты по инвалидности) и финансово-экономических потерь вследствие преждевременной смертности трудоспособного населения.

Наконец, онкологические заболевания в целом и ЗНО кожи в частности занимают одну из лидирующих позиций среди причин смертности населения. Онкологические заболевания входят в первую десятку ведущих причин смерти в России [10]. Данное обстоятельство подчеркивает высокую значимость своевременной и точной диагностики для снижения бремени онкологических заболеваний на систему здравоохранения и общество в целом.

³ <https://base.garant.ru/12137881>.

В приведенном примере расчета МЭЭ использовались тарифы ОМС г. Москвы⁴, что позволило получить конкретные количественные оценки эффектов от внедрения программ ИИ. При этом разработанная методология является универсальной и может быть адаптирована для любого региона путем подстановки соответствующих локальных тарифов и показателей заболеваемости. Аналогичным образом, предложенный способ оценки применим для анализа МЭЭ диагностики других социально значимых заболеваний с многоэтапной маршрутизацией пациентов.

Экстраполяция на региональный уровень / Extrapolation to the national regional level

Для примера расчета оценки совокупного экономического эффекта внедрения ИИ в масштабах региональной системы здравоохранения проводили расчет ФЗ на выявление всех случаев меланомы кожи в г. Москве (формулы 3 и 4). В качестве базового показателя использовали число первично диагностированных (выявленных) случаев ЦЗ (1470), впервые взятых под диспансерное наблюдение [11].

Статистический анализ / Statistical analysis

Статистическую обработку данных выполняли с использованием описательной статистики. Среднюю длительность установления диагноза рассчитывали как взвешенное среднее с учетом числа пациентов в каждой подгруппе. Доли необоснованных направлений вычисляли как процент ЛП случаев от общего числа пациентов с ЦЗ.

Разработка расчетных формул / Developing calculation formulas

Основным методологическим вкладом настоящего исследования является разработка системы взаимосвязанных расчетных формул, обеспечивающих комплексную оценку МЭЭ диагностики ЦЗ с применением ИИ. При этом авторы исходили из следующих принципов:

– принцип каскадной маршрутизации (диагностический процесс рассматривается как последовательность этапов, на каждом из которых у части пациентов ЦЗ остаются невыявленными вследствие ограниченной чувствительности диагностики врачами-специалистами), реализованный в формулах расчета числа выявленных случаев (ND_{ai} и ND_{nai});

– принцип разграничения обоснованных и необоснованных ФЗ. Необоснованные ФЗ (англ. unreasonable costs, UC) представляют собой ФЗ, которых можно было избежать

⁴ Тарифное соглашение по оплате медицинской помощи по Территориальной программе обязательного медицинского страхования города Москвы на 2025 год (<https://base.garant.ru/411501273>).

при более точной маршрутизации; обоснованные ФЗ (англ. reasonable costs, RC) соответствуют ФЗ на фактически выявленные случаи ЦЗ; ключевым показателем МЭЭ служит коэффициент $R=RC/UC$: значение $R>1$ означает преобладание обоснованных ФЗ – диагностика с применением ИИ эффективна; $R<1$ – преобладание необоснованных ФЗ – диагностика с применением ИИ неэффективна), позволяющая проводить прямое сравнение альтернативных диагностических стратегий независимо от масштаба выборки);

– принцип региональной экстраполяции (для оценки совокупного МЭЭ внедрения ИИ в масштабах региональной системы здравоохранения введены формулы расчета суммарных ФЗ на выявление всех случаев ЦЗ в регионе (CT_{ai} и CT_{nai}), использующие официальные данные о заболеваемости).

Для оценки МЭЭ диагностического процесса рассчитываются обоснованные ФЗ (RC_{rai} , RC_{mai}) и необоснованные ФЗ (UC_{rai} , UC_{mai}) на выявление одного случая ЦЗ.

Необоснованные ФЗ – это ФЗ, которых можно было избежать при более точной и ранней диагностике: ФЗ на направление пациентов с доброкачественными новообразованиями (ДНО), имеющими клинические и дерматоскопические признаки доброкачественности, к врачам-специалистам (ложноположительные и истинно отрицательные случаи) и ФЗ на проведение морфологического исследования, а также ФЗ на диагностику и лечение пропущенных ЗНО, диагностированных впоследствии на поздних стадиях заболевания с существенно более высокой стоимостью лечения.

Необоснованными ФЗ считаются исключительно ФЗ на диагностику новообразований с клиническими и дерматоскопическими признаками доброкачественности, таким образом, ФЗ на диагностику клинических случаев с признаками злокачественности или предраковыми заболеваниями не расцениваются как необоснованные ФЗ вне зависимости от окончательного морфологического заключения.

Например, если новообразование по клинической картине и дерматоскопическим критериям соответствует диспластическому невусу или иному пограничному состоянию и направляется на морфологическое исследование, но по результатам последнего не подтверждается злокачественный характер, такой случай не включается в категорию ложноположительных и не расценивается как необоснованные ФЗ, поскольку обследование было обусловлено наличием объективных клинических показаний.

Обоснованные ФЗ соответствуют фактически выявленным случаям ЦЗ и являются необходимыми расходами системы здравоохранения.

Коэффициент $R=RC/UC$: при $R>1$ обоснованные ФЗ преобладают (диагностика эффективна), при $R<1$ – необоснованные ФЗ преобладают (диагностика неэффективна).

РЕЗУЛЬТАТЫ / RESULTS

Расчет обоснованных и необоснованных ФЗ на выявление и лечение случаев ЦЗ / Calculation of reasonable and unreasonable FCs for detecting and treatment of TD cases

Формула 1

Формула для расчета обоснованных и необоснованных ФЗ на выявление одного случая ЦЗ в регионе при диагностике с применением моделей ИИ:

$$R_{rai} = \frac{RC_{rai}}{UC_{rai}} = \frac{(N_{Dai} \times CpP) / N}{TC_{ai} / N}$$

где R_{rai} – коэффициент отношения обоснованных ФЗ к необоснованным ФЗ на выявление одного случая ЦЗ с применением моделей ИИ, рассчитываемая на уровне региона, медицинской организации или сети медицинских организаций с использованием соответствующих тарифов на оказание медицинских услуг; RC_{rai} – обоснованные ФЗ на выявление одного случая ЦЗ при диагностике с применением моделей ИИ; UC_{rai} – необоснованные ФЗ на выявление одного случая ЦЗ при диагностике с применением моделей ИИ; N_{Dai} – количество всех выявленных случаев ЦЗ при диагностике с применением моделей ИИ; CpP – ФЗ на выявление и лечение одного случая ЦЗ; TC_{ai} – общие ФЗ на выявление и лечение случаев ЦЗ в регионе с применением моделей ИИ; N – общее количество случаев ЦЗ в выборке.

Формула 2

Формула для расчета обоснованных ФЗ и необоснованных ФЗ на выявление одного случая ЦЗ в регионе при диагностике без применения моделей ИИ:

$$R_{rnai} = \frac{RC_{rnai}}{UC_{rnai}} = \frac{(N_{Dnai} \times CpP) / N}{TC_{nai} / N}$$

где R_{rnai} – коэффициент отношения обоснованных ФЗ к необоснованным ФЗ на выявление одного случая ЦЗ без применения моделей ИИ, рассчитываемая на уровне региона,

медицинской организации или сети медицинских организаций; RC_{rai} – обоснованные ФЗ на выявление одного случая ЦЗ при диагностике без применения моделей ИИ; UC_{rai} – необоснованные ФЗ на выявление одного случая ЦЗ при диагностике без применения моделей ИИ; N_{Drai} – количество всех выявленных случаев ЦЗ при диагностике без применения моделей ИИ; CrP – ФЗ на выявление и лечение одного случая ЦЗ; TC_{rai} – общие ФЗ на выявление и лечение ЦЗ в регионе без применения моделей ИИ; N – общее количество случаев ЦЗ в выборке.

**Расчет необоснованных ФЗ на выявление и лечение случаев ЦЗ в регионе /
Calculating of unreasonable costs for detection and treatment of TD cases in the national region**

Формула 3

Формула для расчета необоснованных ФЗ на выявление случаев ЦЗ в регионе при диагностике с применением моделей ИИ:

$$TC_{rai} = UC_{rai} \times N_{rD}$$

где TC_{rai} – общие ФЗ на выявление и лечение случаев ЦЗ в регионе при диагностике с применением моделей ИИ в регионе; UC_{rai} – необоснованные ФЗ на выявление одного случая ЦЗ при диагностике с применением моделей ИИ; N_{rD} – количество впервые выявленных случаев ЦЗ в регионе.

Формула 4

Формула для расчета ФЗ на выявление случаев ЦЗ в регионе при диагностике без применения моделей ИИ:

$$TC_{rnai} = UC_{rnai} \times N_{rD}$$

где TC_{rnai} – общие ФЗ на выявление и лечение случаев ЦЗ при диагностике без применения моделей ИИ в регионе; UC_{rnai} – необоснованные ФЗ на выявление одного случая ЦЗ при

диагностике без применения моделей ИИ; N_{TD} – количество впервые выявленных случаев ЦЗ в регионе.

Примеры расчета МЭЭ диагностики при выявлении ЦЗ с применением ИИ в регионе / Examples of calculating of economic efficiency of diagnostics for detecting and treatment of TD cases using AI in a national region

Результаты моделирования маршрутизации

Результаты моделирования диагностической маршрутизации пациентов с новообразованиями кожи при использовании установленного порогового значения вероятности 62% для программы ИИ Derma Onko Check, названного нами порогом алгоритма маршрутизации, представлены в **таблицах 1, 2**. Пациенты с вероятностью ЦЗ $\geq 62\%$ по заключению программы ИИ направлялись для дополнительной верификации диагноза непосредственно к врачам-онкологам, а пациенты с вероятностью $< 62\%$ – к врачам-дерматовенерологам.

Таблица 1. Длительность установления заключительного клинического диагноза с применением программы искусственного интеллекта Derma Onko Check при диагностике меланоцитарных опухолей кожи (n=230)

Table 1. Time to final clinical diagnosis of melanocytic skin tumors with the use of the Derma Onko Check artificial intelligence program (n=230)

Результат (тип опухоли, точность заключения) / Result (tumor type, diagnostic accuracy)	Вероятность диагноза / Probability of diagnosis						Средняя длительность установления диагноза, сут / Mean time to diagnosis, days
	$\geq 62\%$			$< 62\%$			
	Число пациентов, n (%) / Number of patients, n (%)	Длительность установления диагноза, сут / Time to diagnosis, days	Специальность врача* / Specialist*	Число пациентов, n (%) / Number of patients, n (%)	Длительность установления диагноза, сут / Time to diagnosis, days	Специальность врача* / Specialist*	
ИП (ЗНО, верное) / TP (MN, accurate)	31 (13,5)	20	–	6 (2,6)	34	–	22,3
ЛП (ДНО, неверное) / FP (BN, inaccurate)	11 (4,8)	20	Онколог / Oncologist	8 (3,5)	15	Дерматовенеролог // Dermatologist/ venereologist	17,9
ИО (ДНО, верное) / TN (BN, accurate)	165 (71,7)	1	–	7 (3,0)	15	Дерматовенеролог // Dermatologist/ venereologist	1,6

ЛО (ЗНО, неверное) / FN (MN, inaccurate)	1 (0,4)	–	–	1 (0,4)	34	–	34,0
Всего / Total	208 (90,4)			22 (9,6)			6,5

Примечание. ИП – истинно положительный результат; ЛП – ложноположительный результат; ИО – истинно отрицательный результат; ЛО – ложноотрицательный результат; ЗНО – злокачественное новообразование; ДНО – доброкачественное новообразование. Доли (в %) рассчитаны от общего числа пациентов (230 человек). Общая средняя длительность установления заключительного клинического диагноза рассчитана как взвешенная средних по всем пациентам: сумма (число пациентов в группе × длительность установления диагноза в группе) / общее число пациентов. * Специальность врача, к которому направлялись пациенты от врача общей практики / терапевта.

Note. TP – true positive; FP – false positive; TN – true negative; FN – false negative; MN – malignant neoplasm; BN – benign neoplasm. Percentages are based on the total number of patients (230). Overall mean time to a final clinical diagnosis was calculated as a weighted average across all patients: sum of (number of patients in the group × time to diagnosis in the group) / total number of patients. * Specialist to whom patients were referred by the general practitioner/therapist.

Таблица 2. Сводные результаты для программы искусственного интеллекта Derma Onko Check

Table 2. Summary for the use of Derma Onko Check artificial intelligence program

Сценарий диагностики / Diagnostic scenario	Средняя длительность установления заключительного клинического диагноза, сут / Mean time to final clinical diagnosis, days			Доля необоснованных направлений (от всех случаев ДНО), % / Proportion of unreasonable referrals (of all BN cases), %				Экономия, сут / Time savings, days
	ЗНО / MNs	ДНО / BNs	Все ЗНО и ДНО / All MNs and BNs	К дерматовенерологам // To dermatologists/ venereologists		К онкологам / To oncologists		
С применением программы ИИ / With AI-based program	22,0	3,4	7,8	6,9		7,6		10,5
Без применения программы ИИ / Without AI-based program	34,0	15,0	18,3 (взвешенно / weighted)	М / М	Э / Э	М / М	Э / Э	–
				40,6*	40,6*	22,0**	10,9**	

Примечание. ЗНО – злокачественное новообразование; ДНО – доброкачественное новообразование; ЛП – ложноположительный результат; ИО – истинно отрицательный результат; М – меланоцитарные; Э – эпидермальные. Доли (в %) и средняя длительность установления заключительного клинического диагноза пересчитаны на основе агрегированных данных из таблицы 1. Средние округлены до 1 знака после запятой. Доли (в %) необоснованных направлений к дерматовенерологам рассчитаны как доля случаев ДНО с вероятностью <62% (ЛП<62% и ИО<62%) от общего числа случаев ДНО. Доли (в %) необоснованных направлений к онкологам рассчитаны как доля ЛП ≥62% от общего числа пациентов с ДНО. * ЛП случаи, направленные от врача общей практики [1]. ** ЛП случаи, направленные от дерматовенеролога [6, 7].

Note. MNs – malignant neoplasms; BNs – benign neoplasms; FP – false positive; TN – true negative; M – melanocytic; E – epidermal. The proportions (%) and the mean time to the final clinical diagnosis were revised based on aggregated data from Table 1. Mean values are rounded to one decimal place. The percentages of inappropriate referrals to dermatologists/venereologists are calculated as the proportion of BN cases with a probability <62% (FP <62% and TN <62%) out of the total number of BN cases. The percentages of inappropriate referrals to oncologists are calculated as the proportion of FP ≥62% out of the total number of BN cases. * FP cases referred by a general practitioner [1]. ** FP cases referred by a dermatologist/venereologist [6, 7].

Расчет количества выявленных случаев ЦЗ в регионе

С применением ИИ

Для расчета количества выявленных случаев ЦЗ (меланома кожи С43) при применении программы ИИ используется формула [7]:

$$N_{Dai} = N_{TP \geq t} \times \prod_{k=1}^n SD_k^{TP \geq t} + (N_{FN < t} + N_{TP < t}) \times \prod_{j=1}^n SD_j^{FN < t + TP < t}$$

$N_{TP \geq t} = 31$ (ИП случаи с вероятностью ≥62%), $N_{FN < t} = 1$ (ЛО случаи с вероятностью <62%), $N_{TP < t} = 6$ (ИП случаи с вероятностью <62%).

Расчет для ИП случаев, при которых вероятность ЦЗ по заключению модели ИИ была больше или равна порогу алгоритма маршрутизации (≥62%) (направлены к онкологам):

- количество этапов маршрутизации – 1;
- $SD_k^{TP \geq t} = 66,86\%$ (чувствительность диагностики онкологом);
- количество выявленных случаев ЦЗ: $31 \times 0,6686 = 20,73$.

Расчет для ЛО и ИП случаев, при которых вероятность ЦЗ по заключению модели ИИ была меньше порога алгоритма маршрутизации (<62%) (направлены к дерматовенерологам, затем к онкологам):

- количество этапов маршрутизации – 2;
- этап 1 (дерматовенеролог): $SD_j^{FN < t + TP < t} = 79,2\%$ (чувствительность диагностики дерматовенерологом);
- этап 2 (онколог): $SD_j^{FN < t + TP < t} = 66,86\%$ (чувствительность диагностики онкологом);
- количество случаев, направленных на этап 2: $(1 + 6) \times 0,792 = 5,54$;
- количество выявленных случаев ЦЗ после осмотра онкологом: $5,54 \times 0,6686 = 3,70$.

Итого общее количество выявленных случаев ЦЗ при диагностике с применением ИИ в регионе: $N_{rDai} = 20,73 + 3,70 = 24,43$.

Без применения ИИ

Для расчета количества выявленных случаев ЦЗ (меланома кожи С43) при диагностике без применения программы ИИ (N_{rDnai}) используется формула [7]:

$$N_{Dnai} = N \times \prod_{m=1}^n SD_m^{nai}$$

$N = 39$ (общее количество случаев ЦЗ в выборке), $n = 3$ (количество этапов маршрутизации).

Этап 1 (ВОП/терапевт):

– $SD_m^{nai} = 44,6\%$ (чувствительность диагностики ВОП/терапевтом);

– количество случаев, направленных к дерматовенерологу: $39 \times 0,446 = 17,39$;

– количество случаев ЦЗ, пропущенных (недиагностированных) ВОП/терапевтом: $39 \times 0,554 = 21,61$.

Этап 2 (дерматовенеролог):

– $SD_m^{nai} = 79,2\%$ (чувствительность диагностики дерматовенерологом);

– количество случаев, направленных к онкологу: $17,39 \times 0,792 = 13,77$;

– количество случаев ЦЗ, пропущенных (недиагностированных) дерматовенерологом: $17,39 \times 0,208 = 3,62$.

Этап 3 (онколог):

– $SD_m^{nai} = 66,86\%$ (чувствительность диагностики онкологом);

– количество выявленных случаев ЦЗ: $13,77 \times 0,6686 = 9,21$;

– количество случаев ЦЗ, пропущенных (недиагностированных) онкологом: $13,77 \times 0,3314 = 4,56$.

Итого общее количество выявленных случаев ЦЗ при диагностике без применения ИИ: $N_{rDnai} = 39 \times 0,446 \times 0,792 \times 0,6686 = 9,21$.

Также расчет количества выявленных случаев ЦЗ можно выполнить с помощью программы ЭВМ⁵.

⁵ Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2026613742 Российская Федерация. Программа для автоматизированной оценки эффективности моделей искусственного интеллекта и алгоритмов маршрутизации на основании заключений моделей искусственного интеллекта в диагностике

Расчет необоснованных и обоснованных ФЗ на выявление случаев ЦЗ в регионе

С применением ИИ

Расчет необоснованных ФЗ (UC_{rai} , UC_{mai}) и обоснованных ФЗ (RC_{rai} , RC_{mai}) на выявление одного случая ЦЗ (меланома кожи С43) при диагностике с применением ИИ в регионе ($N = 39$, $CpP = 755\ 852,60$ руб.):

$$- TC_{ai} = 11\ 008\ 490,52 \text{ руб.};$$

$$- N_{Dai} = 24,43 \text{ случая};$$

$$- UC_{rai} = 11\ 008\ 490,52 / 39 = 282\ 268,98$$

$$- N_{Dai} = 24,43 \text{ случая};$$

$$- RC_{rai} = (755\ 852,60 \times 24,43) / 39 = 473\ 473,82$$

$- R_{rai} = 473\ 473,82 / 282\ 268,98 = 1,7$ (обоснованные ФЗ преобладают над необоснованными ФЗ)

Без применения ИИ

Расчет ФЗ на выявление одного случая ЦЗ (меланома кожи С43) при диагностике без применения ИИ:

$$- TC_{nai} = 22\ 583\ 701,33 \text{ руб.};$$

$$- N_{Dnai} = 9,21 \text{ случая};$$

$$- UC_{mai} = 22\ 583\ 701,33 / 39 = 579\ 069,26$$

$$- N_{Dnai} = 9,21 \text{ случая};$$

$$- RC_{mai} = (755\ 852,60 \times 9,21) / 39 = 178\ 497,49$$

$- R_{mai} = 178\ 497,49 / 579\ 069,26 = 0,31$ (необоснованные ФЗ превышают обоснованные ФЗ)

Сравнительный анализ

Снижение необоснованных ФЗ: $579\ 069,26 - 282\ 268,98 = 296\ 800,28$ руб. (на 51,3%).

Коэффициент снижения необоснованных ФЗ: $579\ 069,26 / 282\ 268,98 = 2,05$ – при традиционной маршрутизации необоснованные ФЗ превышают аналогичные при необоснованные ФЗ при диагностике с применением ИИ в 2,05 раза.

Коэффициент $R_{rai} = 1,7 (>1)$: обоснованные ФЗ преобладают – ИИ направляет ресурсы преимущественно на выявление реальных случаев ЗНО. Коэффициент $R_{mai} = 0,31$

(<1): необоснованные ФЗ преобладают – большая часть расходов системы здравоохранения при диагностике без применения ИИ приходится на ФЗ, которых можно было минимизировать.

При диагностике с применением ИИ обоснованные составили 473 473,82 руб., необоснованные 282 268,98 руб. на один случай ЦЗ; таким образом, обоснованные ФЗ формируют около 62,6% от суммарных ФЗ. В сценарии без применения ИИ картина принципиально иная: обоснованные ФЗ составили 178 497,49 руб., а необоснованные 579 069,26 руб., то есть на долю необоснованных ФЗ приходится около 76,6% от суммарных ФЗ. Данное соотношение наглядно отражает ключевое экономическое преимущество ИИ-диагностики, одинаковый объём ресурсов направляется преимущественно на выявление реальных случаев ЗНО. Иными словами, при одних и тех же суммарных ФЗ применение ИИ позволяет выявить существенно больше случаев ЦЗ – подобно тому, как при одинаковых затратах на обследование 10 пациентов можно выявить одну меланому (традиционная маршрутизация) или пять меланом (маршрутизация с ИИ). Таким образом, коэффициент $R_{\text{rai}} = 1,7$ свидетельствует не только о преобладании обоснованных ФЗ, но и о качественно иной структуре расходов: финансовые ресурсы системы здравоохранения оптимально перераспределяются в пользу результативной диагностики.

Асимметрия ФЗ между двумя сценариями обусловлена различным числом пропущенных случаев ЗНО. При традиционной маршрутизации таких клинических случаев существенно больше вследствие низкой чувствительности диагностики врачами на первичном этапе, что влечет за собой выявление таких клинических случаев на поздних стадиях и требует соответственной диагностики и лечения, что и определяет значительно более высокие ФЗ системы здравоохранения. Применение программы ИИ сокращает число пропущенных случаев, тем самым снижая и соответствующие потенциально предотвратимые ФЗ. Таким образом, различие в потенциально предотвратимых ФЗ между сценариями является не методологической погрешностью, а прямым измеримым следствием различной диагностической эффективности двух сценариев.

Расчет показателей МЭЭ диагностики с применением моделей ИИ для г. Москвы на 2024 г.

Согласно данным официальной статистики в г. Москве в 2024 г. было взято под диспансерное наблюдение 1470 больных с впервые установленным диагнозом меланомы кожи (С43). Расчет:

$$- N_{\text{rD}} = 1470 \text{ (количество впервые выявленных случаев ЦЗ в г. Москве в 2024 г.)};$$

– ФЗ на диагностику ЦЗ с применением ИИ: $TC_{\text{rai}} = 282\,268,98 \times 1470 = 414\,935\,400,6$ руб.;

– ФЗ на диагностику ЦЗ без применения ИИ: $TC_{\text{mai}} = 579\,069,26 \times 1470 = 851\,231\,812,2$ руб.

– итого потенциальная экономия ФЗ при применении ИИ на региональном уровне:
 $851\,231\,812,2 - 414\,935\,400,6 = 436\,296\,411,6$ руб.

Программная реализация способа оценки МЭЭ / Software implementation of the method for assessing economic efficiency

В целях практического применения разработанного способа оценки МЭЭ диагностики ЦЗ с применением моделей ИИ авторами создана программа для ЭВМ «Программа для автоматизированного расчета стоимости диагностики случая и оценки медико-экономической эффективности диагностики с применением моделей искусственного интеллекта» (HCareEf_AIDiag), реализованная в виде мобильного приложения для операционной системы Android. Программа обеспечивает автоматизированную оценку на основании расчета ключевых показателей МЭЭ на основе системы расчетных формул 1–4, описанных в настоящей работе, а также формул из предыдущих публикаций [7, 8].

Интерфейс программы HCareEf_AIDiag предусматривает последовательный ввод исходных данных: наименование ЦЗ, пороговое значение алгоритма маршрутизации ИИ, количественные характеристики пациентов по группам (ИП, ЛП, ИО, ЛО) для каждого диагностического направления, показатели чувствительности и специфичности диагностики врачами-специалистами на каждом этапе маршрутизации, стоимость на основании тарифов на медицинские услуги в рамках территориальной программы ОМС, а также ФЗ на лечение одного пропущенного случая ЦЗ (**рис. 1–3**).

МЭЭ диагностики - Калькулятор
 Медико-экономическая эффективность диагностики с ИИ

ИНСТРУКЦИЯ
ФОРМУЛЫ ДЛЯ РАСЧЕТА

Параметры для ввода СБРОС

Название целевого заболевания (ЦЗ)
 ЦЗ (целевые заболевания) — это заболевания, которые являются основной целью диагностического поиска и оцениваются по количеству выявленных и пропущенных случаев в рамках многоэтапной маршрутизации пациентов.

Меланома кожи С43

Порог алгоритма маршрутизации при диагностике с применением ИИ:
 1 вариант. Пациенты с вероятностью ЦЗ большей или равной значению порога алгоритма маршрутизации
 2 вариант. Пациенты с вероятностью ЦЗ ниже значения порога алгоритма маршрутизации

Порог алгоритма маршрутизации (%)

62

Общие данные для диагностики
 Базовые показатели для расчета

Всего диагностированных случаев Из них случаев ЦЗ

число	число
230	39

* «Случай не ЦЗ» рассчитываются автоматически

ЭТАПЫ МАРШРУТИЗАЦИИ С ИИ
 Пациенты распределяются по двум вариантам маршрутизации в зависимости от значения порога алгоритма. Настройте этапы для каждого варианта маршрутизации отдельно.
 Этап — это осмотр врачом-специалистом с или без проведения медицинских вмешательств по его назначению

Этап 1
 ПЕРВИЧНЫЙ ОСМОТР ВРАЧОМ-СПЕЦИАЛИСТОМ

Заполните, если есть сведения об общем количестве пациентов (\geq и $<$ порога алгоритма маршрутизации) до распределения по этапам.

▲ Вероятность ЦЗ \geq порога алгоритма маршрутизации:

N_TP \geq (ИП) число	N_FP \geq (ЛП) число	N_FN \geq (ЛО) число
31	11	1

▼ Вероятность ЦЗ $<$ порога алгоритма маршрутизации:

N_TP $<$ число	N_FP $<$ число	N_TN $<$ число	N_FN $<$ число
6	8	7	1

▲ Пациенты с вероятностью ЦЗ \geq порога алгоритма маршрутизации
 (N_TP \geq , N_FP \geq , N_FN \geq) — направляются к врачу-специалисту. Укажите этапы этой маршрутизации.

Этап 2
 ПАЦИЕНТЫ С ВЕРОЯТНОСТЬЮ ЦЗ \geq ПОРОГА АЛГОРИТМА МАРШРУТИЗАЦИИ

Название этапа (врач-специалист)

Врач-онколог

Режим ввода данных:

По точности диагностики врача-специалиста
 По количеству пациентов

Чувствительность (%)	Специфичность (%)
66,86	78,00

Медицинские вмешательства этапа:
 1-я медицинская услуга - осмотр врачом-специалистом (для всех пациентов). Со 2-й — указывается медицинская услуга по направлению врача-специалиста текущего этапа.

Название медицинского вмешательства

Осмотр врача-онколога

21/200

Осмотр проводится всем пациентам этапа — количество учитывается автоматически

Стоимость (руб.)
 за 1 медицинскую услугу

268,59

+ ДОБАВИТЬ

Дополнительные медицинские вмешательства по направлению врача-специалиста этапа 2:
 Количество = N_ЛП Этапа 2 (рассчитывается автоматически)

Название медицинского вмешательства

Биопсия с прижизненным ПАИ

26/200

Стоимость (руб.)
 за 1 медицинскую услугу

6395,20

+ ДОБАВИТЬ

ДОБАВИТЬ ЭТАП ДИАГНОСТИКИ С ИИ ПРИ ВЕРОЯТНОСТИ ЦЗ \geq ПОРОГА АЛГОРИТМА МАРШРУТИЗАЦИИ

Рисунок 1. Пример ввода и расчета результатов оценки медико-экономической эффективности (МЭЭ) диагностики с применением искусственного интеллекта (ИИ) при заключениях ИИ о вероятности ЦЗ выше или равной значению порога алгоритма маршрутизации

Figure 1. Example of data input and economic efficiency calculation for artificial intelligence (AI) assisted diagnostics, where the AI-predicted probability of the target disease is greater than or equal to the routing algorithm threshold

▼ Пациенты с вероятностью ЦЗ < порога алгоритма маршрутизации
(N_TP<1, N_FP<1, N_TN<1, N_FN<1) — направляются к врачу-специалисту. Укажите этапы этой маршрутизации.

Этап 2
ПАЦИЕНТЫ С ВЕРОЯТНОСТЬЮ ЦЗ < ПОРОГА АЛГОРИТМА МАРШРУТИЗАЦИИ

Название этапа (врач-специалист)

Режим ввода данных:

По точности диагностики врача-специалиста По количеству пациентов

Чувствительность (%) Специфичность (%)

Медицинские вмешательства этапа:
1-я медицинская услуга - осмотр врачом-специалистом (для всех пациентов). Со 2-й — указывается медицинская услуга по направлению врача-специалиста текущего этапа.

Название медицинского вмешательства

31/200

Осмотр проводится всем пациентам этапа — количество учитывается автоматически

Стоимость (руб.) за 1 медицинскую услугу

Название медицинского вмешательства

13/200

Стоимость (руб.) за 1 медицинскую услугу

Дополнительные медицинские вмешательства по направлению врача-специалиста этапа 2:
Количество = N_ЛП Этапа 2 (рассчитывается автоматически)

+ ДОБАВИТЬ

Этап 3
ПАЦИЕНТЫ С ВЕРОЯТНОСТЬЮ ЦЗ < ПОРОГА АЛГОРИТМА МАРШРУТИЗАЦИИ

Название этапа (врач-специалист)

Режим ввода данных:

По точности диагностики врача-специалиста По количеству пациентов

Чувствительность (%) Специфичность (%)

Медицинские вмешательства этапа:
1-я медицинская услуга - осмотр врачом-специалистом (для всех пациентов). Со 2-й — указывается медицинская услуга по направлению врача-специалиста текущего этапа.

Название медицинского вмешательства

21/200

Осмотр проводится всем пациентам этапа — количество учитывается автоматически

Стоимость (руб.) за 1 медицинскую услугу

+ ДОБАВИТЬ

Дополнительные медицинские вмешательства по направлению врача-специалиста этапа 3:
Количество = N_ЛП Этапа 3 (рассчитывается автоматически)

Название медицинского вмешательства

26/200

Стоимость (руб.) за 1 медицинскую услугу

+ ДОБАВИТЬ

ДОБАВИТЬ ЭТАП ДИАГНОСТИКИ С ИИ ПРИ ВЕРОЯТНОСТИ ЦЗ < ПОРОГА АЛГОРИТМА МАРШРУТИЗАЦИИ

Рисунок 2. Пример ввода и расчета результатов оценки медико-экономической эффективности (МЭЭ) диагностики с применением искусственного интеллекта (ИИ) при заключениях ИИ о вероятности ЦЗ ниже значения порога алгоритма маршрутизации

Figure 2. Example of data input and cost-effectiveness calculation for artificial intelligence (AI) assisted diagnostics, where the AI-predicted probability of the target disease is lower than the routing algorithm threshold

ЭТАПЫ МАРШРУТИЗАЦИИ БЕЗ ИИ

Традиционный путь: все пациенты последовательно проходят через этапы врач-специалист 1 (например, ВОП/терапевт) – врач-специалист 2 – врач-специалист 3 и т.д.)

Этап 1

Название этапа (врач-специалист)

Врач ВОП / Терапевт

Режим ввода данных:

По точности диагностики врача-специалиста По количеству пациентов

Чувствительность (%) Специфичность (%)

44,60 49,40

Медицинские вмешательства этапа:
1-я медицинская услуга – осмотр врачом-специалистом (для всех пациентов). Со 2-й – указывается медицинская услуга по направлению врача-специалиста текущего этапа.

+ ДОБАВИТЬ

Дополнительные медицинские вмешательства по направлению врача-специалиста этапа 1:
Количество = N_ЛП Этапа 1 (рассчитывается автоматически)

+ ДОБАВИТЬ

Этап 2

Название этапа (врач-специалист)

Врач- дерматовенеролог

Режим ввода данных:

По точности диагностики врача-специалиста По количеству пациентов

Чувствительность (%) Специфичность (%)

79,20 77,20

Медицинские вмешательства этапа:
1-я медицинская услуга – осмотр врачом-специалистом (для всех пациентов). Со 2-й – указывается медицинская услуга по направлению врача-специалиста текущего этапа.

Название медицинского вмешательства

Осмотр врача-дерматовенеролога

30/200

Осмотр проводится всем пациентам этапа – количество учитывается автоматически

Стоимость (руб.) за 1 медицинскую услугу

324,05

Название медицинского вмешательства

Дерматоскопия

13/200

Стоимость (руб.) за 1 медицинскую услугу

142,71

+ ДОБАВИТЬ

Дополнительные медицинские вмешательства по направлению врача-специалиста этапа 2:
Количество = N_ЛП Этапа 2 (рассчитывается автоматически)

+ ДОБАВИТЬ

Этап 3

Название этапа (врач-специалист)

Врач-онколог

Режим ввода данных:

По точности диагностики врача-специалиста По количеству пациентов

Чувствительность (%) Специфичность (%)

66,86 78,00

Медицинские вмешательства этапа:
1-я медицинская услуга – осмотр врачом-специалистом (для всех пациентов). Со 2-й – указывается медицинская услуга по направлению врача-специалиста текущего этапа.

Название медицинского вмешательства

Осмотр онколога

15/200

Осмотр проводится всем пациентам этапа – количество учитывается автоматически

Стоимость (руб.) за 1 медицинскую услугу

268,59

+ ДОБАВИТЬ

Дополнительные медицинские вмешательства по направлению врача-специалиста этапа 3:
Количество = N_ЛП Этапа 3 (рассчитывается автоматически)

Название медицинского вмешательства

Биопсия с прижизненным ПАИ

26/200

Стоимость (руб.) за 1 медицинскую услугу

6395,20

+ ДОБАВИТЬ

ДОБАВИТЬ ЭТАП ДИАГНОСТИКИ БЕЗ ИИ

Косвенные финансовые затраты (ФЗ)
Стоимость лечения одного пропущенного случая ЦЗ

СрР – стоимость лечения пропущенного случая ЦЗ (руб.)

755852,60

РАССЧИТАТЬ СТНД ПО СТАДИЯМ ЗАБОЛЕВАНИЯ

РАССЧИТАТЬ МЭЭ ДИАГНОСТИКИ

Рисунок 3. Пример ввода и расчета результатов оценки медико-экономической эффективности (МЭЭ) диагностики без применения искусственного интеллекта (ИИ)

Figure 3. Example of data input and economic efficiency calculation for conventional diagnostics without artificial intelligence

По результатам расчета программа HCareEf_AIDiag формирует итоговые показатели: необоснованные ФЗ на выявление и лечение одного случая ЦЗ с применением ИИ (UC_{rai}) и без его применения (UC_{mai}). Визуализация результатов осуществляется посредством квадрантной матрицы МЭЭ, отражающей позицию анализируемой диагностической стратегии по осям предотвратимых (R_{TC_AC}) и потенциально предотвратимых (R_{TC_PAC}) ФЗ относительно пороговых значений. Помимо этого, программа обеспечивает расчет годовых эквивалентных ФЗ на МИ с ИИ в регионе (C_{AI}^{ac}) по формуле 5, включающих капитальные, операционные, косвенные, транзакционные и скрытые ФЗ на внедрение и эксплуатацию системы ИИ, что позволяет провести полную оценку МЭЭ с учетом всей совокупности ФЗ на технологию (рис. 4).

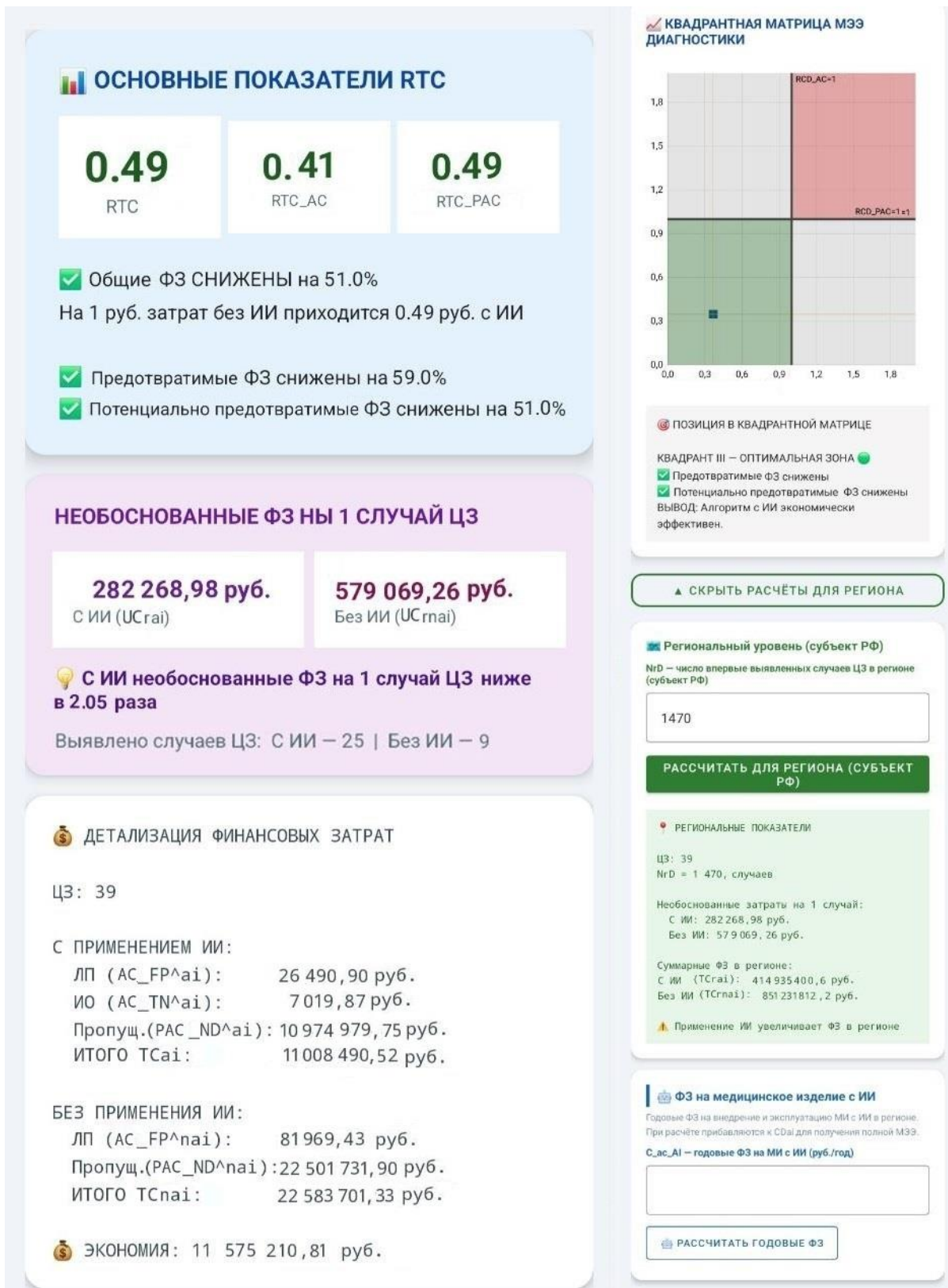


Рисунок 4. Пример расчетов и визуализации результатов оценки медико-экономической эффективности (МЭЭ) диагностики в квадрантной матрице

ФЗ – финансовые затраты; ЦЗ – целевое заболевание

Figure 4. Example of economic efficiency calculation and quadrant-based visualization of results

Программа HCareEf_AIDiag допускает настройку произвольного числа этапов диагностической маршрутизации как для сценария с применением ИИ, так и для традиционной маршрутизации без использования ИИ, что обеспечивает ее применимость для оценки МЭЭ диагностики различных нозологических форм в любом субъекте РФ при подстановке стоимостей в рамках соответствующих региональных тарифов ОМС.

**Учет всех ФЗ на внедрение и эксплуатацию моделей ИИ (медицинских изделий с ИИ)
/ Consideration of all financial costs on implementation and operation of AI models (AI-based medical devices)**

Разработанная система расчетных формул (формулы 1–4) учитывает только переменные ФЗ на оказание диагностических медицинских услуг в соответствии с тарифами ОМС. Однако такая оценка является неполной, поскольку не включает капитальные вложения, операционные расходы, расходы на амортизацию медицинского оборудования и инфраструктуры, а также косвенные, скрытые и транзакционные издержки. Кроме того, при расчетах на региональном уровне за год (или в перспективе на будущие периоды) необходимо учитывать временную стоимость денег (принцип, согласно которому рубль сегодня дороже рубля через год вследствие инфляции, альтернативной стоимости капитала и риска).

Для устранения указанных пробелов вводится дополнительная формула расчета годовых эквивалентных ФЗ на систему ИИ – медицинское изделие (МИ) с ИИ в масштабе региона, основанная на стандартном методе аннуитетных платежей (англ. capital recovery factor, CRF), применяемом в финансовом анализе инвестиционных проектов и оценке медицинских технологий.

Формула 5

Формула для расчета годовых ФЗ на МИ с ИИ в регионе и/или медицинской организации:

– с расчетом эквивалентных ФЗ в год (формула 5А):

$$C_{AI}^{ac} = C_d \times \frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} + C_o + C_{iht}$$

– с расчетом годовых ФЗ с учетом линейной амортизации (формула 5Б):

$$C_{AI}^{ac} = \frac{C_d}{n} + C_o + C_{iht}$$

где C_{AI}^{ac} – сумма ФЗ на МИ с ИИ в регионе (руб/год); C_d – суммарные капитальные (единовременные) ФЗ на внедрение МИ с ИИ в регионе, которые включают приобретение и/или разработку моделей ИИ, получение лицензий на МИ с ИИ, интеграцию с медицинскими информационными системами – электронными медицинскими картами и другим медицинским оборудованием, закупку и/или модернизацию сети, серверов или облачной инфраструктуры, начальное обучение работников использованию МИ с ИИ, сертификацию и валидацию (руб/год); r – ставка дисконтирования (норма дисконта); n – нормативный срок полезного использования МИ с ИИ (лет); C_o – ежегодные операционные (текущие) ФЗ на эксплуатацию, которые включают обновление моделей ИИ и МИ с ИИ, техническую поддержку, облачные вычисления, администрирование данных, резервное копирование, электроэнергию (руб/год); C_{iht} – косвенные (включают текущее обучение работников использованию МИ с ИИ, организационные изменения порядка использования МИ с ИИ), транзакционные (включают поиск и выбор поставщика ИИ, заключение контрактов, юридическое сопровождение, мониторинг и аудит системы), скрытые (включают экологические, социальные и другие аспекты) затраты (руб/год).

По нашему мнению, значительная часть вышеописанных операционных процессов и процедур уже входит в стандартный функционал и должностные обязанности штатных работников медицинских организаций либо органов исполнительной власти в сфере здравоохранения. В связи с этим по данным статьям дополнительные ФЗ сверх существующего бюджетного финансирования, как правило, не формируются. Такие расходы целесообразно учитывать только в момент заключения договора на оказание соответствующих услуг (аутсорсинг отдельных процессов, техническая поддержка, приобретение комплексного сервиса и т.п.).

Следует отметить, что в рамках настоящего исследования годовые эквивалентные ФЗ на внедрение и эксплуатацию МИ с ИИ (C_{AI}^{ac}) по формуле 5 не рассчитывались. Данное ограничение обусловлено отсутствием на момент проведения работы верифицированных количественных данных о величине суммарных капитальных вложений, ежегодных операционных расходах, косвенных, скрытых и транзакционных издержках, а также регионально обоснованных параметров нормативного срока полезного использования системы и ставки дисконтирования.

Для расчета полной МЭЭ годовые эквивалентные ФЗ на МИ с ИИ следует суммировать C_{AI}^{ac} , рассчитанные по формуле 5, с общими ФЗ на диагностику при применении моделей ИИ (TC_{rai}). Полученная полная величина ФЗ затем сравнивается как с общими ФЗ при традиционной диагностике (TC_{mai}), так и с ФЗ на выявление одного случая ЦЗ без применения ИИ (UC_{mai}). Такой подход позволяет получить наиболее реалистичную и сопоставимую оценку МЭЭ с учетом всех категорий ФЗ.

Кроме того, варьируя параметр n (нормативный срок полезного использования МИ с ИИ) в формуле 5А, можно определить оптимальный период эксплуатации, при котором использование МИ с ИИ становится наиболее экономически выгодным. Например, сравнение годовых ФЗ C_{AI}^{ac} для различных значений n (от 3 до 10 лет) позволяет выявить временной горизонт, на котором ФЗ в год будут минимальны. Это дает возможность обосновать целесообразность долгосрочных инвестиций в ИИ-технологии для региональных систем здравоохранения.

Разработанная формула 5 является важным методологическим вкладом настоящей работы и может быть использована в последующих проспективных исследованиях и при практическом внедрении МИ с ИИ, когда соответствующие экономические данные станут доступны.

ОБСУЖДЕНИЕ / DISCUSSION

Настоящее исследование посвящено разработке и валидации оригинального способа оценки МЭЭ диагностики ЦЗ с применением программ ИИ. Ключевой вклад работы состоит не столько в подтверждении экономической эффективности конкретной системы ИИ, сколько в формализации методологического инструментария – системы расчетных формул, позволяющих проводить сопоставимую и воспроизводимую оценку МЭЭ диагностических технологий с использованием ИИ применительно к любой нозологической форме.

Разработанный способ включает последовательный расчет числа выявленных случаев ЦЗ при двух сценариях маршрутизации, необоснованных и обоснованных ФЗ на выявление одного случая ЦЗ и их соотношения (коэффициент R), а также совокупных необоснованных ФЗ на региональном уровне. Логика предложенных формул опирается на каскадную модель диагностических потерь, в которой на каждом этапе маршрутизации у части пациентов случаи ЦЗ остаются невыявленными (недиагностированными) вследствие ограниченной чувствительности диагностики врачами-специалистами.

Существенной особенностью предложенного способа является его ориентация на ФЗ системы здравоохранения как основной измеримый результат. Такой подход широко применяется в мировой практике оценки медицинских технологий [12, 13]. Вместе с тем ряд авторов указывает на необходимость расширения горизонта оценки с включением косвенных, скрытых издержек [14]. О.М. Токарева в своей концептуальной модели обосновывает, что игнорирование данных категорий затрат способно существенно исказить прогнозы экономической эффективности, особенно при оценке на уровне государственной системы здравоохранения [14]. Предложенный нами способ затрагивает косвенные и скрытые издержки.

Ограничения исследования / Limitations of the study

Необходимо отметить ряд методологических ограничений настоящего исследования.

Во-первых, расчет числа выявленных случаев ЦЗ при традиционной маршрутизации (N_{Dnai}) базировался на опубликованных показателях чувствительности диагностики врачей-специалистов, которые могут варьироваться в зависимости от уровня и диагностических возможностей медицинской организации и квалификации конкретных врачей.

Во-вторых, данные по ФЗ TC_{ai} и TC_{nai} , использованные в расчете UC_{ai} и UC_{nai} , формировались из числа пропущенных (недиагностированных) случаев по стадиям заболевания, которые носили условный, демонстрационный характер.

В-третьих, расчеты МЭЭ основаны на тарифах ОМС г. Москвы, что ограничивает прямую экстраполяцию полученных результатов на другие регионы РФ с иной структурой тарифов и финансирования здравоохранения. Для применения разработанного способа в других субъектах РФ требуется расчет с учетом стоимостных параметров в соответствии с региональными тарифными соглашениями.

В-четвертых, разработанный способ апробирован на примере одной нозологической группы – меланомы кожи С43. Несмотря на универсальный характер предложенного методологического подхода, его применимость к другим социально значимым заболеваниям с многоэтапной диагностикой требует дополнительной валидации.

Преимущества предлагаемого способа оценки МЭЭ диагностики при выявлении и лечении ЦЗ / Advantages of the proposed method of calculating of economic efficiency for detecting and treatment of TD cases

Разработанный способ оценки МЭЭ обладает рядом преимуществ по сравнению с существующими подходами [13, 15, 16]. Прежде всего, он явно учитывает многоэтапность маршрутизации при диагностике и пропущенные (недиагностированные) случаи на каждом ее этапе. Кроме того, метод ориентирован на удельный показатель – ФЗ на выявление одного случая ЦЗ, что обеспечивает прямую сопоставимость альтернативных диагностических стратегий. Наконец, включение блока региональной экстраполяции позволяет оценить масштаб потенциальной экономии в рамках территориальной системы здравоохранения, что критически важно для обоснования управленческих решений на этом уровне.

Предложенный способ разработан как универсальный инструмент, адаптируемый к различным нозологическим формам и диагностическим системам ИИ, что отвечает актуальной потребности в стандартизированной методологии оценки МЭЭ применения ИИ в здравоохранении. Вместе с тем необходима дальнейшая валидация данного подхода в проспективных клинических исследованиях с использованием реальных клинических и финансово-экономических данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ / CONCLUSION

Ключевым результатом исследования является не столько подтверждение экономических преимуществ конкретной системы ИИ, сколько формализация методологического инструментария: воспроизводимого, сопоставимого и практически применимого способа расчета ФЗ и оценки МЭЭ диагностики с применением моделей ИИ на региональном уровне, основанного на системе расчетных формул.

Разработанный способ включает последовательный расчет числа выявленных случаев ЦЗ при двух сценариях маршрутизации с учетом каскадных диагностических потерь, а также ФЗ на выявление одного случая ЦЗ и ФЗ общих на региональном уровне. Валидация метода на данных 381 пациента с новообразованиями кожи продемонстрировала, что применение программы ИИ Derma Onko Check снижает необоснованные ФЗ на диагностику меланомы кожи С43 в 2,05 раза ($UC_{rai} = 282\,268,98$ руб. против $UC_{mai} = 579\,069,26$ руб.), при коэффициенте $R_{rai} = 1,7$ (обоснованные ФЗ преобладают) против $R_{mai} = 0,31$ (необоснованные ФЗ преобладают) без применения ИИ. При экстраполяции на региональный уровень на примере г. Москвы потенциальная экономия необоснованных ФЗ составила 436 296 411,6 руб.

Предложенный способ оценки МЭЭ можно адаптировать для различных нозологических форм и диагностических систем ИИ, а также медицинских организаций и регионов, что обеспечивает его практическую применимость в качестве инструмента

поддержки управленческих решений при внедрении ИИ-технологий в региональные системы здравоохранения. Он может служить основой для формирования стандартизированной методологии анализа МЭЭ ИИ-технологий в здравоохранении и использоваться при разработке программ цифровой трансформации первичной медицинской помощи.

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ	ARTICLE INFORMATION
<p>Поступила: 19.02.2026 В доработанном виде: 06.04.2026 Принята к печати: 16.04.2026 Опубликована онлайн: 29.04.2026</p>	<p>Received: 19.02.2026 Revision received: 06.04.2026 Accepted: 16.04.2026 Published online: 29.04.2026</p>
Вклад авторов	Authors' contribution
<p>Корабельников Д.И.: формулирование идеи, гипотезы, цели исследования; разработка методов и процедур; проведение экспериментов, сбор данных; проверка результатов, воспроизводимости; научное руководство проектом; организационное управление проектом; редактирование, доработка текста.</p> <p>Ламоткин А.И.: разработка методов и процедур; проведение экспериментов, сбор данных; управление данными: подготовка, аннотирование, хранение; проверка результатов, воспроизводимости; статистический или теоретический анализ данных; создание программного обеспечения, скриптов, алгоритмов; написание первоначального текста статьи; создание графиков, схем, иллюстраций.</p> <p>Авторы прочитали и утвердили окончательный вариант рукописи</p>	<p>Korabelnikov D.I.: formulation of the idea, hypotheses and research objectives; development of methods and procedures; conducting experiments and data collection; verification of results and reproducibility; scientific supervision of the project; organisational management of the project; editing and finalising the text.</p> <p>Lamotkin A.I.: development of methods and procedures; conducting experiments, data collection; data management: preparation, annotation, storage; verification of results and reproducibility; statistical or theoretical analysis of data; creation of software, scripts, algorithms; drafting of the initial text of the article; creation of graphs, diagrams and illustrations.</p> <p>The authors have read and approved the final version of the manuscript</p>
Конфликт интересов	Conflict of interests
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов	The authors declare no conflict of interests
Финансирование	Funding
Авторы заявляют об отсутствии финансовой поддержки	The authors declare no funding
Этические аспекты	Ethics declarations
Неприменимо	Not applicable
Раскрытие данных	Data sharing
Первичные данные могут быть предоставлены по обоснованному запросу автору, отвечающему за корреспонденцию	Raw data could be provided upon reasonable request to the corresponding author
Комментарий издателя	Publisher's note
Содержащиеся в этой публикации утверждения, мнения и данные были созданы ее авторами, а не издательством ИРБИС (ООО «ИРБИС»). Издательство снимает с себя ответственность за любой ущерб, нанесенный людям или имуществу в результате использования любых идей, методов, инструкций или препаратов, упомянутых в публикации	<p>The statements, opinions, and data contained in this publication were generated by the authors and not by IRBIS Publishing (IRBIS LLC).</p> <p>IRBIS LLC disclaims any responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred in the content</p>
Права и полномочия	Rights and permissions
© 2026 Д.И. Корабельников, А.И. Ламоткин; ООО «ИРБИС» Статья в открытом доступе по лицензии CC BY-NC-SA (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)	© 2026 D.I. Korabelnikov, A.I. Lamotkin. Publishing services by IRBIS LLC This is an open access article under CC BY-NC-SA license (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Неретин Е.Ю., Титов К.С., Запиров Г.М. Первичная ранняя диагностика меланомы кожи после индивидуального обучения врачей. *Клиническая дерматология и венерология*. 2023; 22 (1): 99–105. <https://doi.org/10.17116/klinderma20232201199>.

Neretin E.Yu., Titov K.S., Zapirov G.M. Primary early diagnosis of skin melanoma after individual training of doctors. *Russian Journal of Clinical Dermatology and Venereology*. 2023; 22 (1): 99–105 (in Russ.). <https://doi.org/10.17116/klinderma20232201199>.

2. Jacob C., Brasier N., Laurenzi E., et al. AI for IMPACTS framework for evaluating the long-term real-world impacts of AI-powered clinician tools: systematic review and narrative synthesis. *J Medical Internet Res*. 2025; 27: e67485. <https://doi.org/10.2196/67485>.

3. Ламоткин А.И., Корабельников Д.И., Ламоткин И.А. Предварительная дифференциальная диагностика доброкачественных и злокачественных опухолей из эпидермальной ткани кожи с применением программы искусственного интеллекта «Derma Onko Check». *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики*. 2025; 2: 223–42. <https://doi.org/10.24412/2312-2935-2025-2-223-242>.

Lamotkin A.I., Korabelnikov D.I., Lamotkin I.A. Preliminary differential diagnosis of benign and malignant tumors from epidermal skin tissue using an artificial intelligence program “Derma Onko Check”. *Current Problems of Health Care and Medical Statistics*. 2025; 2: 223–42 (in Russ.). <https://doi.org/10.24412/2312-2935-2025-2-223-242>.

4. Ламоткин А.И., Корабельников Д.И., Ламоткин И.А. и др. Точность предварительной диагностики злокачественных меланоцитарных опухолей кожи с помощью программы искусственного интеллекта. *Медицинский вестник ГВКГ им. Н.Н. Бурденко*. 2025; 1: 42–51. <https://doi.org/10.53652/2782-1730-2025-6-1-42-51>.

Lamotkin A.I., Korabelnikov D.I., Lamotkin I.A., et al. Melanoma check the accuracy of the preliminary diagnosis of malignant melanocytic skin tumors using the artificial intelligence program “Melanoma Check”. *Medical Bulletin of the Main Military Cinical Hospital named after N.N. Burdenko*. 2025; 1: 42–51 (in Russ.). <https://doi.org/10.53652/2782-1730-2025-6-1-42-51>.

5. De Bedout V., Williams N.M., Muñoz A.M., et al. Skin cancer and dermoscopy training for primary care physicians: a pilot study. *Dermatol Pract Concept*. 2021; 11 (1): e2021145. <https://doi.org/10.5826/dpc.1101a145>.

6. Chen J.Y., Fernandez K., Fadadu R.P., et al. Skin cancer diagnosis by lesion, physician, and examination type: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Dermatol*. 2025; 161 (2): 135–46. <https://doi.org/10.1001/jamadermatol.2024.4382>.

7. Корабельников Д.И., Ламоткин А.И. Способ оценки эффективности диагностики с использованием алгоритмов на основании заключений моделей искусственного интеллекта. *ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология*. 2026; 19 (1): [принята к печати]. <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2026.355>.

Korabelnikov D.I., Lamotkin A.I. A method for evaluating diagnostic effectiveness using algorithms based on opinion obtained from artificial intelligence models. *ФАРМАКОЭКОНОМИКА. FARMAKOEKONOMIKA. Sovremennaya farmakoeconomika i farmakoepidemiologiya / FARMAKOEKONOMIKA. Modern Pharmacoconomics and Pharmacoepidemiology*. 2026; 19 (1): [accepted manuscript]. <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2026.355>.

8. Корабельников Д.И., Ламоткин А.И. Способ оценки медико-экономической эффективности диагностики с применением алгоритмов на основании заключений моделей искусственного интеллекта. *ФАРМАКОЭКОНОМИКА. Современная фармакоэкономика и фармакоэпидемиология*. 2026; 19 (1): [принята к печати]. <https://doi.org/10.17749/2070-4909/farmakoeconomika.2026.358>.

9. Roky A.H., Islam M.M., Ahasan A.M.F., et al. Overview of skin cancer types and prevalence rates across continents. *Cancer Pathog Ther*. 2024; 3 (2): 89–100. <https://doi.org/10.1016/j.cpt.2024.08.002>.

10. Онуфриенко Ю.И. Изучение основных причин смертности населения РФ. *Стратегия устойчивого развития регионов России*. 2016; 30: 131–3.

Onufrienko Yu.I. Study of the main causes of mortality in the Russian Federation. *Strategy for Sustainable Development of Russian Regions*. 2016; 30: 131–3 (in Russ.).

11. Каприн А.Д., Старинский В.В., Шахзадова А.О. (ред.) Состояние онкологической помощи населению России в 2024 году. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России; 2025: 275 с.

Kaprin A.D., Starinskiy V.V., Shakhzadova A.O. (Eds.) The state of oncological care for the population of Russia in 2024. Moscow: Herzen Moscow Research Institute of Oncology – branch of National Medical Research Center for Radiology; 2025: 275 pp. (in Russ.).

12. El Arab R.A., Al Moosa O.A. Systematic review of cost effectiveness and budget impact of artificial intelligence in healthcare. *NPJ Digit Med*. 2025; 8: 548. <https://doi.org/10.1038/s41746-025-01722-y>.

13. Krishna S.S. Economic evaluation of AI-driven diagnostic tools in healthcare. *Int J Sci Res Eng Trends*. 2022; 8 (6): 2510–3.

14. Токарева О.М. Концептуальная модель оценки экономической эффективности ИИ-решений в здравоохранении. *Экономика и управление*. 2025; 31 (6): 804–15. <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-6-804-815>.

15. van Leeuwen K.G., Meijer F.J.A., Schalekamp S., et al. Cost-effectiveness of artificial intelligence aided vessel occlusion detection in acute stroke: an early health technology assessment. *Insights Imaging*. 2021; 12 (1): 133. <https://doi.org/10.1186/s13244-021-01077-4>.

16. Марисов Л.В., Кобяцкая Е.Е., Бутарева М.М., Метцгер А.В. Анализ медико-экономической эффективности деятельности структурных подразделений медицинской организации. *Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины*. 2022; 30 (5): 853–8. <https://doi.org/10.32687/0869-866X-2022-30-5-853-858>.

Marisov L.V., Kobayatskaya E.E., Butareva M.M., Metsger A.V. Medical and economic analysis of the effectiveness of the structural units of a medical organization. *Problems of Social Hygiene, Public Health and History of Medicine*. 2022; 30 (5): 853–8 (in Russ.). <https://doi.org/10.32687/0869-866X-2022-30-5-853-858>.

Сведения об авторах / About the authors

Корабельников Даниил Иванович, к.м.н., доцент / *Daniil I. Korabelnikov*, MD, PhD, Assoc. Prof. – ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0459-0488>. eLibrary SPIN-code: 7380-7790.

Ламоткин Андрей Игоревич, к.м.н. / *Andrey I. Lamotkin*, MD, PhD – ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7930-6018>. eLibrary SPIN-code: 4170-7782. E-mail: lamotkin.an@mail.ru.