

УДК 330.3:614.2:004.896

<http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-6-804-815>

Концептуальная модель оценки экономической эффективности ИИ-решений в здравоохранении

Оксана Максимовна Токарева

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия,
oxana.tokareva13@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0006-2665-8152>

Аннотация

Цель. Разработка концептуальной модели оценки экономической эффективности применения технологий искусственного интеллекта (далее — ИИ) в здравоохранении, включающей в себя учет не только прямых издержек, но и косвенных, скрытых, транзакционных.

Задачи. Рассмотреть ключевые направления воздействия ИИ на систему здравоохранения с акцентом на выявление основных эффектов и издержек его внедрения; разработать методологический подход, позволяющий проводить многоуровневую и комплексную экономическую оценку ИИ-решений как на уровне отдельных медицинских учреждений, так и в масштабах государственной системы здравоохранения.

Методология. Методологической основой послужили анализ научных публикаций за 2020–2024 гг. и системный анализ эффектов, издержек от внедрения ИИ. Применены междисциплинарный и институциональный подходы, позволяющие интегрировать различные аспекты воздействия ИИ и сформировать универсальную оценочную модель, а не только учитывающую экономическую эффективность.

Результаты. Разработана концептуальная модель, отражающая краткосрочные и долгосрочные эффекты внедрения ИИ в клинической, организационной, экономической, социальной, научной и нормативной сферах. Предложена классификация издержек, предусматривающая четыре группы: прямые, косвенные, скрытые и транзакционные. Модель адаптируется под уровень анализа и позволяет проводить сопоставимую оценку экономической эффективности ИИ-решений.

Выводы. Для формирования устойчивой и объективной системы оценки экономической эффективности ИИ в здравоохранении необходимо учитывать в целом спектр эффектов и издержек. Игнорирование скрытых и транзакционных затрат может привести к искажению прогнозов и снижению оценки эффективности внедряемых решений. Разработанная модель представляет собой универсальный инструмент для поддержки стратегических решений на уровне учреждений и государственных органов, а также может служить основой в дальнейшем развитии методик оценки цифровых технологий в медицине.

Ключевые слова: искусственный интеллект (ИИ), здравоохранение, эффективность ИИ-решений в здравоохранении, цифровая трансформация

Для цитирования: Токарева О. М. Концептуальная модель оценки экономической эффективности ИИ-решений в здравоохранении // *Экономика и управление*. 2025. Т. 31. № 6. С. 804–815. <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-6-804-815>

Conceptual model for assessing the economic efficiency of AI solutions in healthcare

Oksana M. Tokareva

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, oxana.tokareva13@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0006-2665-8152>

Abstract

Aim. The work aimed to develop a conceptual model for assessing the economic efficiency of using artificial intelligence (hereinafter referred to as AI) technologies in healthcare, which includes taking into account not only direct costs, but also indirect, hidden, and transactional ones.

Objectives. The work seeks to consider the key fields of AI impact on the healthcare system with an emphasis on identifying the main effects and costs of its implementation; to develop a methodological approach for a multi-level and comprehensive economic assessment of AI solutions both at the level of individual medical institutions and on the scale of the state healthcare system.

Methods. The methodological basis was the analysis of scientific publications for 2020–2024 and a systemic analysis of the effects and costs of AI implementation. The study employed interdisciplinary and institutional approaches to integrate various aspects of the impact of AI and form a universal evaluation model, not just one that takes into account economic efficiency.

Results. A conceptual model was developed, comprising the short-term and long-term effects of AI implementation in the clinical, organizational, economic, social, scientific, and regulatory spheres. A classification of costs was proposed, which includes four groups (direct, indirect, hidden, and transactional). The model is adapted to the level of analysis and can be used for a comparable assessment of the economic efficiency of AI solutions.

Conclusions. Creating a sustainable and objective system for assessing the economic efficiency of AI in healthcare requires taking into account the entire range of effects and costs. Ignoring hidden and transaction costs can lead to distorted forecasts and a decrease in the assessment of effectiveness of the solutions being implemented. The developed model represents a universal tool for supporting strategic decisions at the level of institutions and government agencies, and it can also serve as a basis for further development of methods for assessing digital technologies in medicine.

Keywords: *artificial intelligence (AI), healthcare, efficiency of AI solutions in healthcare, digital transformation*

For citation: Tokareva O.M. Conceptual model for assessing the economic efficiency of AI solutions in healthcare. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*. 2025;31(6):804-815. (In Russ.). <http://doi.org/10.35854/1998-1627-2025-6-804-815>

Введение

Рост затрат на здравоохранение обусловлен рядом факторов: старением населения, увеличением заболеваемости (речь идет о хронических заболеваниях), расширением охвата медицинскими услугами и ростом их стоимости. С учетом этого внедрение искусственного интеллекта (далее — ИИ) в здравоохранение в течение последних лет демонстрирует значимые результаты, улучшая диагностику, лечение, управление ресурсами и профилактику заболеваний. Поддержка ИИ на государственном уровне в разных странах отражает понимание его стратегической значимости и потенциала для трансформации системы здравоохранения.

Несмотря на множество публикаций об анализе клинической эффективности применения решений на базе ИИ в медицинской практике, вопросы экономической целесообразности его использования остаются недостаточно исследованными. Существующие оценки часто ограничены расчетом прямых затрат, исследователи порой игнорируют долгосрочные эффекты, социальные, экологические и организационные аспекты, а также скрытые и транзакционные издержки. Цель статьи — предложить концепцию более полной модели экономической оценки ИИ в здравоохранении, которая позволит создавать репрезентативные и сопоставимые модели и на уровне отдельного учреждения, и на уровне государственной системы здравоохранения.

Такая модель в будущем может служить основой для разработки инструментов оценки эффективности ряда ИИ-решений в здравоохранении и формирования стратегий их внедрения на уровне учреждений и национальных систем здравоохранения.

Основные факторы, влияющие на экономическую эффективность ИИ в медицине

Выгоды от внедрения ИИ в медицине

Одна из наиболее очевидных экономических выгод применения ИИ — улучшение диагностических процессов. Машинное обучение и глубокое обучение позволяют автоматизировать интерпретацию медицинских изображений (например, рентгенограмм, КТ, МРТ) и анализ клинических данных, снижая зависимость от дефицитных высококвалифицированных специалистов. В настоящее время использование ИИ для анализа медицинских снимков в процессах диагностики и лечения видится наиболее развитым направлением применения технологий ИИ в медицине [1].

Исследования показывают, что использование ИИ в скрининге диабетической ретинопатии, рака кожи и туберкулеза позволяет достигать диагностической точности, сопоставимой или превосходящей человеческую, при существенно более низких затратах на обследование [2; 3; 4]. Например, в скрининге диабетической ретинопатии применение ИИ снижает стоимость обследования на 14–20 % в сравнении с традиционным осмотром офтальмолога [5]. Автоматизация диагностики ускоряет выявление заболеваний, что становится критически важным для раннего начала лечения и снижения затрат в случаях осложнений. Внедрение ИИ в скрининг колоректального рака с помощью колоноскопии позволяет сократить затраты как на скрининг (снижение стоимости на 1,6 %), так и снизить затраты на лечение за счет профилактики (снижение заболеваемости на 4,8 %) и более раннего диагностирования (снижение смертности на 3,6 %) [6].

Экономическая эффективность ИИ в диагностике зависит от правильной балансировки между чувствительностью и специфичностью алгоритмов. Чрезмерная чувствительность может привести к росту ложноположительных результатов и увеличению расходов на

лишние обследования, тогда как рациональное соотношение показателей обеспечивает максимальную экономическую выгоду [4]. Однако это не всегда негативно влияет на общую эффективность. Например, высокая чувствительность особенно значима в ситуациях при высоком риске заболеваемости и высокой стоимости услуг, что в долгосрочной перспективе приведет к снижению затрат на лечение и повышению продолжительности, качества жизни [4; 7]. Так, хронические заболевания (диабет, рак, сердечно-сосудистые и нейродегенеративные заболевания) часто диагностируются слишком поздно. Однако, по данным ВОЗ, такие болезни составляют семь из десяти ведущих причин смерти и ответственны за 68 % смертей от естественных причин [8]. Поздняя диагностика этих заболеваний снижает эффективность лечения, увеличивает затраты, сокращает продолжительность и качество жизни. Таким образом, ранняя диагностика служит ключом к снижению затрат, смертности и улучшению качества жизни [7].

ИИ активно внедряется в процессы планирования и оптимизации использования ресурсов в медицинских учреждениях. Алгоритмы прогнозирования помогают предсказывать поток пациентов, оптимизировать работу операционных, управлять койко-местами и распределять персонал в зависимости от нагрузки. Например, системы ИИ могут предсказывать вероятность госпитализации пациентов с хроническими заболеваниями, что позволяет заранее перераспределять ресурсы и снижать нагрузку на отделения интенсивной терапии. Кроме того, автоматизированные системы на базе ИИ ускоряют сортировку пациентов в приемных отделениях, уменьшая время ожидания и связанные с ним затраты [9].

Исследования Сахни и соавторов [10] показывают, что применение ИИ в управлении госпитальными потоками дает возможность сократить среднюю продолжительность госпитализации на 5–10 % и тем самым существенно снизить прямые расходы больниц. В условиях нехватки медицинского персонала автоматизация рутинных административных задач (заполнения документов, кодирования диагнозов, составления расписаний) приводит и к экономии ресурсов.

Одно из наиболее экономически перспективных, но пока менее развитых направлений применения ИИ — поддержка превентивной медицины. ИИ-алгоритмы на основе

анализа больших объемов данных (ЭМК, носимые устройства, генетические профили) позволяют выявлять группы высокого риска развития заболеваний задолго до появления симптомов [1]. Примеры успешного применения ИИ в превентивной медицине включают в себя предсказание риска сердечно-сосудистых заболеваний, инсульта, диабета второго типа и онкологических заболеваний [7; 9]. Ранняя идентификация риска дает возможность проводить индивидуализированные профилактические мероприятия, предотвращая развитие тяжелых форм заболеваний и тем самым экономя значительные средства, которые в противном случае потребовались бы на дорогостоящее лечение. Экономические модели показывают, что инвестиции в ИИ-системы для раннего выявления заболеваний могут давать возврат инвестиций (ROI) в диапазоне от 2:1 до 5:1 за счет снижения расходов на лечение и повышения качества жизни пациентов [9].

Витхлани и соавторы [11] в систематическом обзоре показали, что более 60 % исследований нашли внедренные в процессы диагностики и лечения ИИ-инструменты экономически эффективными или доминирующими (эффективнее и дешевле существующих альтернатив). Эффективность получают за счет сокращения затрат и времени на диагностику, лечение с такой же или более высокой точностью. ИИ не подвержен таким человеческим факторам, как усталость, болезнь и др., поэтому его работа более постоянна и стабильна во времени. Однако даже эту оценку нельзя считать репрезентативной, поскольку для анализа отобрано только 21 исследование, соответствующее критериям. К тому же установлено, что часть этих исследований финансировали разработчики ИИ решений, что подразумевает конфликт интересов.

Ряд авторов [11] пишут о том, что их исследование показало большую эффективность ИИ в процессах лечения, нежели диагностики. Однако на этот факт мог повлиять метод оценки эффективности, то есть снижения затрат, а диагностика больше влияет на долгосрочные эффекты: сокращение затрат на дальнейшее лечение, повышение продолжительности и качества жизни. Например, ван Лееуен [12] и соавторы показали, что в краткосрочной перспективе (90 дней) ИИ увеличивает затраты на обнаружение окклюзий крупных сосудов при ишемическом

инсульте за счет большего количества применений тромбэктомии, но в долгосрочной перспективе приводит к снижению общих расходов (экономия 11 млн долл.) и увеличению качества жизни (QALY) на 682 ус.п. в Великобритании за год.

На основе анализа вышеизложенных эффектов использования ИИ в медицине можно выделить два типа эффектов на основе срока их проявления: краткосрочные и долгосрочные. Аль Месламани [13] предложил свою классификацию эффектов от внедрения ИИ, которые могут быть разделены на следующие эффекты.

1. Проявляющиеся в краткосрочной перспективе — сокращение расходов (Cost Savings), в частности диагностическая эффективность, эффективность операционных и административных процессов, эффективность лечения, профилактика; избегание затрат (Cost Avoidance), в частности соответствие стандартам, повторная госпитализация, сокращение отходов, оптимизация ресурсов.

2. Проявляющиеся в долгосрочной перспективе — долгосрочные эффекты для здоровья (Long-term Health Outcomes), то есть качество жизни, продолжительность жизни, снижение нагрузки на систему здравоохранения за счет профилактики; инновации и исследования (Innovation and Research), то есть технологические прорывы, побочные инновационные продукты, стимулирование создания высокотехнологичных рабочих мест; динамика рыночной конкуренции (Market Competition Dynamics), в частности повышение качества услуг и продуктов за счет персонализированного подхода, увеличение доли рынка за счет снижения стоимости услуг или других факторов.

По масштабу эффекты можно разделить на два уровня: организационный и государственный. По сфере проявления и воздействия эффектов от внедрения ИИ-инструментов в здравоохранение их можно классифицировать на следующие виды:

1. Экономические эффекты — снижение себестоимости медицинских услуг за счет автоматизации и ускорения процессов; повышение экономической эффективности учреждений (рост производительности, снижение расходов на повторное лечение и ошибки); оптимизация бюджета здравоохранения (более рациональное распределение ресурсов на уровне системы).

2. Клинические эффекты — повышение качества медицинской помощи (уменьшение

ошибок, повышение точности диагностики); сокращение времени на диагностику и лечение за счет ускорения принятия решений; раннее выявление и профилактика заболеваний (улучшение исходов лечения, снижение инвалидизации и смертности).

3. Организационные эффекты — разгрузка врачей и среднего медперсонала (автоматизация рутинных операций, отчетов, обработки данных); повышение прозрачности и управляемости процессов (улучшение мониторинга качества помощи и работы медицинских организаций); улучшение логистики и планирования (прогнозирование потока пациентов, оптимизация расписаний).

4. Социальные эффекты — расширение доступа к качественной медицине за счет использования ИИ в регионах с кадровым дефицитом; снижение неравенства в здравоохранении, выравнивание качества услуг вне зависимости от региона или уровня учреждения; повышение удовлетворенности пациентов (снижение очередей, улучшение коммуникации с врачами).

5. Научные и образовательные эффекты — создание новых знаний и подходов (выявление закономерностей, новых биомаркеров, генерация гипотез); ускорение клинических исследований, в частности автоматизация анализа данных, поиск пациентов для исследований; повышение квалификации врачей за счет использования ИИ как обучающего инструмента, наставничества.

6. Нормативные (этические и регуляторные) эффекты — повышение значимости этики в медицине (вопросы ответственности, прозрачности решений ИИ); воздействие на регуляторную систему (развитие нормативных актов, стандартов качества); изменение роли врача, то есть переход от ручного труда к принятию стратегических решений.

Приведенная классификация наиболее полна, и она покрывает все возможные эффекты от внедрения ИИ в здравоохранение. Каждая группа эффектов может проявляться и в краткосрочной, и в долгосрочной перспективе, как на уровне учреждения, так и на уровне государства. Однако, если экономические, клинические и организационные эффекты могут в равной степени проявляться в краткосрочной и долгосрочной перспективе, как на уровне учреждения, так и на уровне государства, то социальные, научные и нормативные эффекты в большей степени будут проявляться в долгосрочной пер-

спективе на государственном уровне. Таким образом, при расчете эффектов всегда важно понимать, для какого уровня и срока необходимо провести оценку, чтобы получить наиболее полную картину.

Издержки внедрения ИИ в медицине

Развитие и внедрение решений на базе ИИ в здравоохранение требует тщательного анализа экономической эффективности в широком смысле. Чтобы этот расчет был полным, репрезентативным и позволял сравнивать различные решения между собой, стоит учитывать и выгоды (эффекты), и издержки. Сегодня большинство подходов к экономической оценке эффективности ИИ-инструментов в медицине ограничены включением только прямых издержек на закупку программного обеспечения, инфраструктуры и поддержку. Изложенный подход дает ограниченное представление об эффективности инструментов на базе ИИ, особенно, если нужна оценка эффективности на уровне государства, а не отдельного инструмента/учреждения.

Внедрение ИИ в здравоохранение связано с многоуровневыми издержками. Существует очень мало исследований в российском и зарубежном научном поле, посвященных вопросам издержек внедрения инструментов на базе ИИ в здравоохранение. В работах об оценке экономической эффективности ИИ-решений чаще всего учитывают прямые затраты либо разницу между прямыми затратами на новое решение и затратами на альтернативу, вычисляя тем самым эффект за счет экономии на разнице [9; 14]. Однако при внедрении новых технологий в виде инструментов на базе ИИ этому процессу сопутствуют другие виды издержек, которые можно выделить в группу косвенных издержек. К таким издержкам можно, например, отнести переподготовку сотрудников и организационные изменения [15; 16].

Хаири в своей работе [17] большое внимание уделил издержкам, сопутствующим развитию ИИ, которые, как правило, не рассмотрены в публикациях об оценке эффективности ИИ-инструментов. Издержки автор выделил в группу скрытых издержек. В частности, к ним можно отнести экологические: высокий углеродный след, потребление энергии (оценка полного жизненного цикла обучения нескольких стандартных крупных моделей ИИ показала, что они могут выбрасывать более 626 000 фунтов,

или около 284 т, углекислого газа), добыча редких металлов (литий, кобальт и др.). Помимо экологических, выделены социальные издержки: усиление социального и экономического неравенства между странами Севера и странами Юга, использование детского труда.

Кроме перечисленных выше прямых, косвенных и скрытых издержек, нельзя не учитывать транзакционные издержки. Последние всегда высоки для сфер человеческой деятельности, в которых разница в информационной осведомленности сторон выше и ниже уровень регулирования и нормативной поддержки.

Транзакционные издержки — это издержки, связанные с координацией, переговорами, заключением сделок и контролем выполнения соглашений между сторонами [18; 19; 20]. Согласно Р. Коузу, лауреату Нобелевской премии, они включают в себя издержки поиска информации, ведения переговоров и контроля за исполнением [18]. О. Уильямсон развил эту концепцию, подчеркнув важность механизмов управления контрактами и снижения оппортунистического поведения [20]. Д. Норт связал транзакционные издержки с институциональной средой, качеством формальных и неформальных правил [19]. К транзакционным издержкам при внедрении решений на базе ИИ в медицинскую практику можно отнести поиск и выбор поставщика [15], заключение контрактов и юридическое сопровождение [15], междисциплинарное взаимодействие [21] и др.

Таким образом, все издержки, сопутствующие процессу внедрения и использования инструментов на базе ИИ в здравоохранении, целесообразно классифицировать на прямые, косвенные, скрытые и транзакционные.

Прямые издержки, в свою очередь, подразделяют на капитальные (единовременные вложения, необходимые для запуска или приобретения ИИ-системы) и текущие (регулярные и периодически повторяющиеся расходы, связанные с поддержанием функционирования ИИ-системы).

1. Прямые капитальные — закупка ИИ-систем и лицензий, включая сбор данных и разработку программного обеспечения [12]; инфраструктура и оборудование [21]; интеграция с ИТ-системами [21]; сертификация.

2. Прямые текущие [16; 9] — обслуживание программного и аппаратного обеспе-

чения; обновление программного обеспечения; обучение персонала; оплата технической поддержки поставщика; подписка на хранилища данных или API.

К косвенным издержкам относятся такие статьи, как переподготовка сотрудников [15]; изменение организационных процессов [16]; повышение нагрузки на инфраструктуру [12]; рост количества вмешательств и дополнительных исследований [12].

Скрытые издержки связаны с поддержанием качества данных [2]. ИИ-модели требуют постоянного доступа к качественным, полным, актуальным и репрезентативным данным. Это сбор новых данных (например, медицинских изображений, записей ЭМК); регулярная проверка на наличие ошибок, пропусков, дубликатов; обновление и стандартизация данных с учетом изменений в протоколах, оборудовании, популяциях пациентов; защита данных от утечек и кибератак. Без указанных мер снижается точность моделей, растут ошибки прогнозирования, а значит, и затраты на переделку, дообследование или лечение пациентов. Поддержание качества данных часто игнорируют на этапе планирования бюджета, хотя оно требует и человеческих, и технических ресурсов.

Регуляторные издержки [9] включают в себя разработку нормативной базы, работу комиссий и консультантов для сертификации ИИ-решений; проведения клинических испытаний; стандартов и контроля кибербезопасности и защиты данных. Эти процессы занимают месяцы или даже годы, требуют привлечения юристов, специалистов по качеству, клинических экспертов и могут стоить сотни тысяч долларов. Иными словами, речь идет о статье расходов, часто недооцененной в ранних бизнес-моделях.

Следует упомянуть экологические издержки. Среди них — высокий углеродный след, потребление энергии, добыча редких металлов [17]; издержки, связанные с усилением социальных неравенств и эксплуатацией ресурсов глобального Юга [17]. Идеологические издержки — это формирование слепого доверия к алгоритмам, культурная гегемония, распространение западной технокультуры [17].

Транзакционные издержки предполагают поиск и выбор поставщика [15]; заключение контрактов и юридическое сопровождение [15]; междисциплинарное взаимодействие [21]; оценку и валидацию решений

при внедрении; мониторинг и аудит решений на протяжении их функционирования [2].

Совокупное влияние факторов на экономическую эффективность от применения ИИ в здравоохранении

ИИ имеет огромный потенциал снижения затрат и повышения качества медицинской помощи [22; 23]. Однако учет всех типов издержек, включая скрытые и транзакционные, необходим для устойчивого внедрения. Будущие исследования должны учитывать не только экономические, но и социальные, экологические и идеологические последствия применения ИИ [17].

Представленная на рисунке 1 схема отражает концептуальную модель оценки экономической эффективности применения технологий ИИ в здравоохранении. В основе модели — баланс между эффектами (экономическими, клиническими, организационными, социальными, научными, нормативными) и издержками внедрения ИИ. Эффекты могут быть краткосрочными (например, повышение точности диагностики, снижение нагрузки на персонал) и долгосрочными (например, улучшение здоровья населения, снижение инвалидизации), затрагивая уровни отдельного учреждения и государства в целом.

Сопутствующие разработке и внедрению в медицинскую практику инструментов на базе ИИ издержки разделены на четыре группы: прямые, косвенные, скрытые и транзакционные. Такое разделение позволяет достигнуть наиболее полной оценки затрат, от затрат на разработку и инфраструктуру до организационных, экологических и социальных затрат, которые влечет за собой использование технологий ИИ. Приведенная группировка издержек позволяет адаптировать модель под необходимый уровень и масштаб расчета: от уровня отдельных решений до уровня национальной системы здравоохранения. Таким образом, для достижения наиболее репрезентативных расчетов эффективности применения ИИ в здравоохранении следует учитывать масштаб, горизонт оценки и, исходя из этого, включать издержки, соответствующие выбранным параметрам, а при необходимости — скрытые и транзакционные. Игнорирование скрытых и транзакционных издержек может привести к переоценке

ожидаемых выгод и дальнейшему невыполнению целевых эффектов, а также выбору неоптимальных решений в долгосрочной перспективе.

Предложенная концептуальная модель обеспечивает наиболее репрезентативную оценку эффективности ИИ благодаря своей композиционной структуре. В зависимости от целей анализа на уровне конкретного учреждения из модели могут быть исключены некоторые долгосрочные эффекты или факторы, более характерные для регионального или национального уровня, например социальные, научные, нормативные эффекты, отдельные виды скрытых и транзакционных издержек. Указанный подход позволяет создать гибкую систему оценки ИИ-решений, учитывающую ключевые факторы и адаптируемую под различные уровни здравоохранения.

Таким образом, предложенная модель оценки дает возможность гибко адаптировать экономический анализ ИИ-решений под уровень того или иного учреждения либо национальной системы здравоохранения, учитывая ключевые факторы и виды издержек. Но одной аналитической модели недостаточно. Важно, чтобы и отдельные организации, и государственные структуры предпринимали активные шаги для снижения долгосрочных издержек и усиления положительных эффектов от внедрения ИИ.

Государство выполняет лидирующую роль в создании условий для внедрения технологий ИИ в здравоохранение. От государственной политики во многом зависят темп развития рынка, количество и качество разрабатываемых решений, взаимодействие производителей и потребителей. Чтобы снизить ряд скрытых и транзакционных издержек, государство может провести ряд мероприятий. Укажем некоторые из них:

- разработка нормативной базы, то есть создание прозрачных, понятных и единых стандартов для сертификации, валидации, оценки и регулярного мониторинга медицинских ИИ-систем;
- поддержка исследований и разработок, то есть стимулирование инноваций через финансирование научных проектов, создание исследовательских кластеров и грантовые программы;
- обеспечение равного доступа. В частности, важно внедрять ИИ-решения не только в высокотехнологичных центрах, но и в учреждениях первичной медицинской помощи,

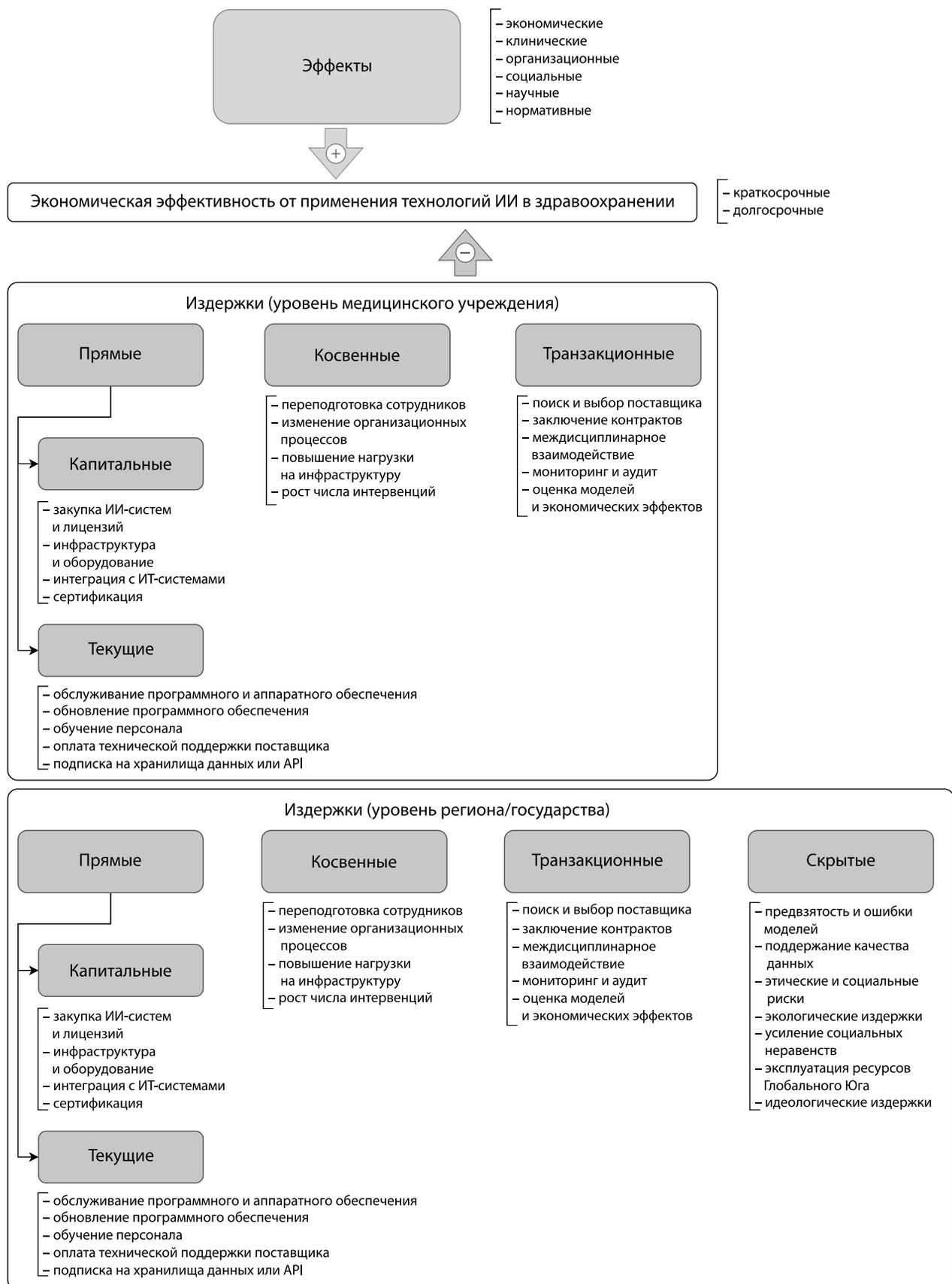


Рис. 1. Схема концептуальной модели оценки совокупной экономической эффективности от применения технологий ИИ в здравоохранении

Fig. 1. Scheme of the conceptual model for assessing the total economic efficiency from the use of AI technologies in healthcare

Источник: разработано автором.

сельских и удаленных районах. Это поможет сократить социальные и территориальные различия в доступе к медицинским услугам;

- поддержка образовательных программ, то есть инвестирование в подготовку медицинских работников, умеющих работать с ИИ-инструментами, обучение специалистов по разработке и этической оценке медицинских алгоритмов;

- создание инфраструктуры данных, то есть разработка защищенных и доступных для совместного использования национальных баз медицинских данных с анонимизацией пациентов повысит качество обучающих выборок для ИИ и ускорит развитие локальных решений.

Однако частные компании, как производители, так и потребители решений на базе ИИ, могут вносить стратегический вклад для снижения барьеров и издержек внедрения:

- фокусирование на клинической ценности, то есть разрабатываемые меры должны решать в действительности клинические задачи, обеспечивать не только технологическую новизну, но и практическую применимость, выраженную через клиническую и экономическую эффективность;

- соблюдение этических стандартов, то есть внедрение компаниями-разработчиками принципов справедливости, объяснимости и безопасности в архитектуру своих решений, что повысит доверие пользователей и упростит прохождение клинических испытаний и регистрационных мероприятий;

- партнерство с медицинскими учреждениями. В частности, совместная работа с клиниками и больницами позволит быстрее собирать качественные данные, раньше выходить на тестирование решений в реальной среде и оперативно адаптировать их к практическим нуждам;

- стратегия международной экспансии, то есть разработка моделей, способных адаптироваться к разным демографическим и клиническим условиям. Это расширит рынок и повысит инвестиционную привлекательность продукта, что, в свою очередь, принесет пользу как компании в виде дополнительных инвестиций, так и для общества в виде более инклюзивного решения;

- инвестиции в сопровождение и поддержку пользователей, то есть бизнесу необходимо предусматривать не только создание продукта, но и построение систем поддержки внедрения, обучения медицинского

персонала и обновления моделей в процессе эксплуатации.

Выводы

Дальнейшее развитие и масштабное внедрение ИИ-решений в здравоохранении требует проведения всестороннего анализа экономической эффективности. Чтобы такие расчеты были полными, сопоставимыми и практическими для сравнения различных технологий, нужно учитывать не только потенциальные выгоды, но и в целом спектр издержек, в том числе прямых, косвенных, скрытых и транзакционных. Сегодня большинство экономических моделей ограничены учетом только прямых затрат, связанных с приобретением лицензий, оборудования и технической поддержки. Такой узкий подход дает частичное понимание эффективности ИИ, особенно, если речь идет не об отдельных проектах или учреждениях, а о масштабах систем здравоохранения.

Как показывают исследования и практика [2; 12; 17], эффекты и издержки ИИ проявляются на разных уровнях, от учреждения до национальной системы, и могут оказывать краткосрочное и долгосрочное воздействие. В этой связи возникает необходимость создания как минимум двух уровней аналитических моделей: на уровне отдельного учреждения и на уровне государства. Изложенный подход позволит более адекватно оценивать соотношение выгод и затрат, избегать завышенных ожиданий и чрезмерно пессимистичных прогнозов, принимать более обоснованные решения о внедрении и масштабировании ИИ в медицине.

Таким образом, формирование многоуровневых моделей анализа эффективности ИИ приведет к созданию фундамента для более точного прогнозирования краткосрочных и долгосрочных эффектов его внедрения. В будущем важным направлением исследований станет разработка динамических моделей, которые позволят оценивать экономическую эффективность ИИ не только в одной контрольной точке, но и регулярно отслеживая изменения во времени. Это даст возможность учитывать эволюцию клинических, организационных, экономических и социальных эффектов, адаптироваться к новым данным, изменениям инфраструктуры и нормативной среды.

Кроме того, необходимо активнее изучать влияние ИИ на устойчивость здравоохранения, его роль в снижении неравенства в доступе к медицинским услугам, экологические и социальные последствия использования технологий, а также этические аспекты,

включая алгоритмическую справедливость и объяснимость. Эти исследования помогут сделать оценку эффективности более точной, а также послужат основой для формирования национальных и международных стандартов по внедрению ИИ в здравоохранение.

Список источников

1. Ланидус Л. В., Токарева О. М. Разработка таксономии решений на основе технологий искусственного интеллекта в практике оказания медицинских услуг // Экономика и управление. 2024. Т. 30. № 7. С. 819–831. <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2024-7-819-831>
2. Gomez Rossi J., Rojas-Perilla N., Krois J., Schwendicke F. Cost-effectiveness of artificial intelligence as a decision-support system applied to the detection and grading of melanoma, dental caries, and diabetic retinopathy // JAMA Network Open. 2022. Vol. 5. No. 3. e220269. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.0269>
3. Deep learning detection of active pulmonary tuberculosis at chest radiography matched the clinical performance of radiologists / S. Kazemzadeh, J. Yu, S. Jamsy [et al.] // Radiology. 2023. Vol. 306. No. 1. P. 124–137. <https://doi.org/10.1148/radiol.212213>
4. Wang Y., Liu C., Hu W., et al. Economic evaluation for medical artificial intelligence: Accuracy vs. cost-effectiveness in a diabetic retinopathy screening case // NPJ Digital Medicine. 2024. Vol. 7. Article 43. <https://doi.org/10.1038/s41746-024-01032-9>
5. Wu H., Jin K., Yip C.C., Koh V., Ye J. A systematic review of economic evaluation of artificial intelligence-based screening for eye diseases: From possibility to reality // Survey of Ophthalmology. 2024. Vol. 69. No. 4. P. 499–507. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2024.03.008>
6. Cost-effectiveness of artificial intelligence for screening colonoscopy: A modelling study / M. Areia, Y. Mori, L. Correale [et al.] // The Lancet Digital Health. 2022. Vol. 4. No. 6. P. e436–e444. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(22\)00042-5](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(22)00042-5)
7. Luz A., Gimah M. AI-driven early detection systems for chronic diseases // Preprints.org. 2025. 29 January. <https://doi.org/10.20944/preprints202501.2144.v1>
8. Global health estimates: Leading causes of death // World Health Organization (WHO). URL: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/mortality-and-global-health-estimates/ghle-leading-causes-of-death> (дата обращения: 12.02.2025).
9. Economics of artificial intelligence in healthcare: Diagnosis vs. treatment / N. N. Khanna, M. A. Maindarkar, V. Viswanathan [et al.] // Healthcare. 2022. Vol. 10. No. 12. Article 2493. <https://doi.org/10.3390/healthcare10122493>
10. Sahni N., Stein G., Zimmel R., Cutler D. M. The potential impact of artificial intelligence on healthcare spending. NBER Working Paper. 2023. No. 30857. URL: https://www.nber.org/system/files/working_papers/w30857/w30857.pdf (дата обращения: 12.02.2025).
11. Vithlani J., Hawksworth C., Elvidge J., Ayiku L., Dawoud D. Economic evaluations of artificial intelligence-based healthcare interventions: A systematic literature review of best practices in their conduct and reporting // Frontiers in Pharmacology. 2023. Vol. 14. Article 1220950. <https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1220950>
12. 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 into Imaging. 2021. Vol. 12. No. 1. Article 133. <https://doi.org/10.1186/s13244-021-01077-4>
13. Al Meslamani A.Z. Beyond implementation: The long-term economic impact of AI in healthcare // Journal of Medical Economics. 2023. Vol. 26. No. 1. P. 1566–1569. <https://doi.org/10.1080/13696998.2023.2285186>
14. Лукичев П. М., Чекмарев О. П. Экономика искусственного интеллекта: возможности и проблемы использования в здравоохранении // Вопросы инновационной экономики. 2022. Т. 12. № 2. С. 1111–1130. <https://doi.org/10.18334/vinec.12.2.114782>
15. Merhi M. I. An evaluation of the critical success factors impacting artificial intelligence implementation // International Journal of Information Management. 2023. Vol. 69. Article 102545. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102545>
16. Bharadwaj P., Nicola L., Breau-Brunel M., et al. Unlocking the value: Quantifying the return on investment of hospital artificial intelligence // Journal of the American College of Radiology. 2024. Vol. 21. No. 10. P. 1677–1685. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2024.02.034>
17. Hajri O. The hidden costs of AI: Decolonization from practice back to theory / S. Thiel, J. C. Bernhardt, eds. AI in museums: Reflections, perspectives and applications. Bielefeld: Transcript Publishing, 2023. P. 57–64. <https://doi.org/10.1515/978383839467107-006>

18. Coase R. H. The nature of the firm // *Economica*. 1937. Vol. 4. No. 16. P. 396–405. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0335.1937.tb00002.x>
19. North D. C. Institutions, institutional change and economic performance. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 152 p.
20. Williamson O. E. The economic institutions of capitalism: Firms, markets, relational contracting. New York: The Free Press, 1985. 450 p.
21. Liu C.-F., Huang C.-C., Wang J.-J., Kuo K.-M., Chen C.-J. The critical factors affecting the deployment and scaling of healthcare AI: Viewpoint from an experienced medical center // *Healthcare*. 2021. Vol. 9. No. 6. Article 685. <https://doi.org/10.3390/healthcare9060685>
22. Alnasser B. A review of literature on the economic implications of implementing artificial intelligence in healthcare // *E-Health Telecommunication Systems and Networks*. 2023. Vol. 12. No. 3. P. 35–48. <https://doi.org/10.4236/etsn.2023.123003>
23. Wolff J., Pauling J., Keck A., Baumbach J. The economic impact of artificial intelligence in health care: Systematic review // *Journal of Medical Internet Research*. 2020. Vol. 22. No. 2. e16866. <https://doi.org/10.2196/16866>

References

1. Lapidus L.V., Tokareva O.M. Developing a taxonomy of decisions based on artificial intelligence technologies in health care practices. *Ekonomika i upravlenie = Economics and Management*. 2024;30(7):819-831. (In Russ.). <https://doi.org/10.35854/1998-1627-2024-7-819-831>
2. Gomez Rossi J., Rojas-Perilla N., Krois J., Schwendicke F. Cost-effectiveness of artificial intelligence as a decision-support system applied to the detection and grading of melanoma, dental caries, and diabetic retinopathy. *JAMA Network Open*. 2022;5(3):e220269. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2022.0269>
3. Kazemzadeh S., Yu J., Jamshe S., et al. Deep learning detection of active pulmonary tuberculosis at chest radiography matched the clinical performance of radiologists. *Radiology*. 2023;306(1):124-137. <https://doi.org/10.1148/radiol.212213>
4. Wang Y., Liu C., Hu W., et al. Economic evaluation for medical artificial intelligence: Accuracy vs. cost-effectiveness in a diabetic retinopathy screening case. *NPJ Digital Medicine*. 2024;7:43. <https://doi.org/10.1038/s41746-024-01032-9>
5. Wu H., Jin K., Yip C.C., Koh V., Ye J. A systematic review of economic evaluation of artificial intelligence-based screening for eye diseases: From possibility to reality. *Survey of Ophthalmology*. 2024;69(4):499-507. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2024.03.008>
6. Areia M., Mori Y., Correale L., et al. Cost-effectiveness of artificial intelligence for screening colonoscopy: A modelling study. *The Lancet Digital Health*. 2022;4(6):e436–e444. [https://doi.org/10.1016/S2589-7500\(22\)00042-5](https://doi.org/10.1016/S2589-7500(22)00042-5)
7. Luz A., Gimah M. AI-driven early detection systems for chronic diseases. Preprints.org. 2025. <https://doi.org/10.20944/preprints202501.2144.v1>
8. Global health estimates: Leading causes of death. World Health Organization (WHO). URL: <https://www.who.int/data/gho/data/themes/mortality-and-global-health-estimates/gh-leading-causes-of-death> (accessed on 12.02.2025).
9. Khanna N.N., Mairdarkar M.A., Viswanathan V., et al. Economics of artificial intelligence in healthcare: Diagnosis vs. treatment. *Healthcare*. 2022;10(12):2493. <https://doi.org/10.3390/healthcare10122493>
10. Sahni N., Stein G., Zimmel R., Cutler D.M. The potential impact of artificial intelligence on healthcare spending. NBER Working Paper. 2023;(30857). URL: https://www.nber.org/system/files/working_papers/w30857/w30857.pdf (accessed on 12.02.2025).
11. Vithlani J., Hawksworth C., Elvidge J., Ayiku L., Dawoud D. Economic evaluations of artificial intelligence-based healthcare interventions: A systematic literature review of best practices in their conduct and reporting. *Frontiers in Pharmacology*. 2023;14:1220950. <https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1220950>
12. 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 into Imaging*. 2021;12(1):133. <https://doi.org/10.1186/s13244-021-01077-4>
13. Al Meslamani A.Z. Beyond implementation: The long-term economic impact of AI in healthcare. *Journal of Medical Economics*. 2023;26(1):1566-1569. <https://doi.org/10.1080/13696998.2023.2285186>
14. Lukichyov P.M., Chekmarev O.P. The economics of artificial intelligence: Opportunities and problems of its application in healthcare. *Voprosy innovatsionnoi ekonomiki = Russian Journal of Innovation Economics*. 2022;12(2):1111-1130. (In Russ.). <https://doi.org/10.18334/vinec.12.2.114782>
15. Merhi M.I. An evaluation of the critical success factors impacting artificial intelligence implementation. *International Journal of Information Management*. 2023;69:102545. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2022.102545>

16. Bharadwaj P., Nicola L., Breau-Brunel M., et al. Unlocking the value: Quantifying the return on investment of hospital artificial intelligence. *Journal of the American College of Radiology*. 2024;21(10):1677-1685. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2024.02.034>
17. Hajri O. The hidden costs of AI: Decolonization from practice back to theory. In: Thiel S., Bernhardt J.C., eds. AI in museums: Reflections, perspectives and applications. Bielefeld: Transcript Publishing; 2023:57-64. <https://doi.org/10.1515/9783839467107-006>
18. Coase R.H. The nature of the firm. *Economica*. 1937;4(16):396-405. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0335.1937.tb00002.x>
19. North D.C. Institutions, institutional change and economic performance. Cambridge: Cambridge University Press; 1990. 152 p.
20. Williamson O.E. The economic institutions of capitalism: Firms, markets, relational contracting. New York, NY: The Free Press; 1985. 450 p.
21. Liu C.-F., Huang C.-C., Wang J.-J., Kuo K.-M., Chen C.-J. The critical factors affecting the deployment and scaling of healthcare AI: Viewpoint from an experienced medical center. *Healthcare*. 2021;9(6):685. <https://doi.org/10.3390/healthcare9060685>
22. Alnasser B. A review of literature on the economic implications of implementing artificial intelligence in healthcare. *E-Health Telecommunication Systems and Networks*. 2023;12(3):35-48. <https://doi.org/10.4236/etsn.2023.123003>
23. Wolff J., Pauling J., Keck A., Baumbach J. The economic impact of artificial intelligence in health care: Systematic review. *Journal of Medical Internet Research*. 2020;22(2):e16866. <https://doi.org/10.2196/16866>

Информация об авторе

Оксана Максимовна Токарева

аспирант

Московский государственный университет
имени М. В. Ломоносова

119991, Москва, Ленинские горы, д. 1

Поступила в редакцию 13.05.2025

Прошла рецензирование 18.06.2025

Подписана в печать 04.07.2025

Information about the author

Oksana M. Tokareva

postgraduate student

Lomonosov Moscow State University

1 Leninskie Gory, Moscow 119991, Russia

Received 13.05.2025

Revised 18.06.2025

Accepted 04.07.2025

Конфликт интересов: автор декларирует отсутствие конфликта интересов, связанных с публикацией данной статьи.

Conflict of interest: the author declares no conflict of interest related to the publication of this article.