

УДК 616-073.75:004.8

<http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2026-17-1-77-87>

## ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ДВОЙНОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОСМОТРА РЕЗУЛЬТАТОВ РЕНТГЕНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ (ПО МАТЕРИАЛАМ МОСКОВСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО КОМПЬЮТЕРНОМУ ЗРЕНИЮ В ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКЕ)

А. В. Бажин<sup>✉</sup>, Ю. А. Васильев<sup>✉</sup>, А. В. Владимирский<sup>✉\*</sup>, К. М. Арзамасов<sup>✉</sup>, И. М. Шулькин<sup>✉</sup>

Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий, Москва, Россия

**ВВЕДЕНИЕ:** Массовые профилактические лучевые исследования органов грудной клетки (ФЛГ и рентгенография) играют важнейшую роль в выявлении социально-значимых заболеваний, но сопровождаются значительной нагрузкой на систему здравоохранения. Автоматизация сортировки результатов с использованием медицинских изделий (МИ) на основе технологий искусственного интеллекта (ТИИ) открывает возможности для оптимизации процессов, позволяя исключить из описания врачом исследования без признаков патологии. Однако даже высокая точность ИИ не исключает редких ложноотрицательных случаев, что может быть критичным при скрининге.

**ЦЕЛЬ:** Оценка эффективности модели двойного автоматизированного просмотра при автономной сортировке результатов профилактических исследований.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ:** В исследование включены 411 клинических случаев, ранее ошибочно отнесенных к категории «норма». Каждое исследование было повторно проанализировано другим ИИ-сервисом.

**РЕЗУЛЬТАТЫ:** В результате повторной сортировки корректная идентификация патологий достигнута в 31,6% случаев, в том числе снижение числа клинически значимых расхождений составило 25,5%. При моделировании двойного автоматизированного просмотра удельный вес ложноотрицательных решений снизился с 0,071% до 0,052%.

**ОБСУЖДЕНИЕ:** Установлены существенные различия в качестве работы различных ИИ-сервисов, что подчеркивает необходимость их тщательного пострегистрационного мониторинга и возможности замены неэффективных решений.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ:** Таким образом, двойной автоматизированный просмотр улучшает безопасность автономной сортировки, позволяя минимизировать количество пропущенных патологий. Вместе с тем он требует стратегического подхода к выбору ИИ-решений, а также может сопровождаться снижением производственной эффективности системы. Оптимальное соотношение пользы и риска должно определяться с позиции общественной значимости профилактических программ.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** искусственный интеллект; автономный искусственный интеллект; медицинская профилактика; флюорография; рентгенография; диспансеризация

\* Для корреспонденции: Владимирский Антон Вячеславович, e-mail: [VladimirskijAV@zdrav.mos.ru](mailto:VladimirskijAV@zdrav.mos.ru)

Для цитирования: Бажин А.В., Васильев Ю.А., Владимирский А.В., Арзамасов К.М., Шулькин И.М. Целесообразность двойного автоматизированного просмотра результатов рентгенологических исследований (по материалам Московского эксперимента по компьютерному зрению в лучевой диагностике) // *Лучевая диагностика и терапия*. 2026. Т. 17, № 1. С. 77–87, doi: <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2026-17-1-77-87>.

## THE FEASIBILITY OF DOUBLE AUTOMATED READING OF CHEST RADIOGRAPHIC SCREENING RESULTS (BASED ON THE MOSCOW EXPERIMENT ON COMPUTER VISION IN RADIOLOGY)

Alexander V. Bazhin<sup>✉</sup>, Yuriy A. Vasilev<sup>✉</sup>, Anton V. Vladzimirskiy<sup>✉\*</sup>, Kirill M. Arzamasov<sup>✉</sup>, Igor M. Shulkin<sup>✉</sup>

Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russia

**INTRODUCTION:** Mass preventive chest imaging examinations (fluorography and X-ray) play a critical role in identifying diseases of public health significance, yet place an additional burden on the healthcare system. Automated sorting of imaging studies using medical devices (MD) powered by artificial intelligence (AI) technologies facilitates optimization by relieving radiologists

from having to review studies without pathological findings. However, despite high AI accuracy, rare false-negative findings remain possible, which can be critical in medical screening.

**OBJECTIVE:** The purpose of this retrospective study was to evaluate an automated dual reading method for autonomous sorting of preventive imaging studies.

**MATERIALS AND METHODS:** The study included 411 clinical cases previously misclassified as «normal.» Each study was re-analyzed by a different AI model.

**RESULTS:** As a result, the re-classification yielded 31.6% correct pathology identification and reduced clinically important discrepancies by 25.5%.

When simulating the automated dual reading, the proportion of false-negative findings decreased from 0.071% to 0.052%.

**DISCUSSION:** The simulation revealed significant performance variability across the AI models, emphasizing the need for careful post-authorization monitoring to replace underperforming applications.

**CONCLUSION:** Thus, automated dual reading improves the safety of autonomous sorting by minimizing the number of missed pathological findings. At the same time, the method requires a strategic approach to AI model selection as it poses a risk of reducing the system's operating efficiency. The optimal benefit-risk ratio should be determined against contribution of preventive programs to public health interest.

**KEYWORDS:** Artificial Intelligence; Autonomous AI; Medical Prevention; Fluorography; Chest X-ray; Health Screening

\* **For correspondence:** Anton V. Vladzimirskyy, e-mail: VladzimirskijAV@zdrav.mos.ru

**For citation:** Bazhin A.V., Vasilev Yu.A., Vladzimirskyy A.V., Arzamasov K.M., Shulkin I.M. The feasibility of double automated reading of chest radiographic screening results (based on the Moscow experiment on computer vision in radiology) // *Diagnostic radiology and radiotherapy*. 2026. Vol. 17, No. 1. P. 77–87, <http://dx.doi.org/10.22328/2079-5343-2026-17-1-77-87>.

**Введение.** Лучевые исследования органов грудной клетки (рентгенография и флюорография) имеют колоссальное значение для профилактики социально-значимых — онкологических, инфекционных и иных заболеваний [1, 2]. Согласно данным литературы, каждое третье лучевое исследование, выполняемое в Российской Федерации, проводится с профилактической целью. Масштабный охват населения превентивными мероприятиями чрезвычайно важен с социально-экономической, демографической, медицинской, психологической точек зрения, а также с позиции национальной безопасности. Вместе с тем он создает значительную нагрузку на систему здравоохранения; ситуация все больше обостряется на фоне кадрового дефицита врачей-рентгенологов, достоверно фиксируемого разными авторами [3–6]. С практической точки зрения специалисты лучевой диагностики сталкиваются с необходимостью ежедневного описания результатов десятков тысяч профилактических исследований, абсолютное большинство которых не содержат клинически значимых патологий (собственно социально-значимых заболеваний, обуславливающих массовые профилактические осмотры). Значительные кадровые ресурсы заняты описанием «нормы», что на общественном уровне ведет к снижению доступности высокотехнологичных методов лучевой диагностики, а на личностном — к профессиональной стагнации и выгоранию.

Значительный прогресс технологий автоматизированного анализа результатов лучевых исследований — так называемого искусственного интеллекта, открывает новые пути для решения данной проблемы [7, 8]. Ранее нами предложена модель организа-

ции профилактических лучевых исследований органов грудной клетки посредством автономной сортировки результатов исследований медицинскими изделиями на основе технологий искусственного интеллекта с настройкой на максимальную чувствительность — 1,0 (95% ДИ 1,0; 1,0). Сортировка подразумевает разделение результатов массовых профилактических исследований (флюорографии и рентгенографии органов грудной клетки) на две категории: «не норма» и «норма». К первой относятся все случаи любых отклонений (патологические состояния, последствия перенесенных заболеваний и операций, возрастные и врожденные особенности и т. д.), которые направляются на описание врачу-рентгенологу. Ко второй — случаи без признаков патологических отклонений, которые потенциально не требуют описания врачом-рентгенологом [9].

В мае — сентябре 2024 г. в г. Москве проведено проспективное многоцентровое диагностическое исследование с целью оценки результативности и эффективности автономной сортировки результатов профилактических лучевых исследований органов грудной клетки в условиях практического здравоохранения. В исследование включены результаты 575 549 профилактических лучевых исследований, полученные при флюорографии (ФЛГ) и рентгенографии органов грудной клетки и обработанные с применением 3 медицинских изделий на основе технологий искусственного интеллекта. При автономной сортировке к категории «норма» отнесены 54,8% профилактических лучевых исследований, получена пропорциональная экономия труда врача-рентгенолога, также сокращены финансовые расходы. С точки зрения медицинской эффективности, полностью кор-

ректная автономная сортировка зафиксирована в 99,95% случаев; соответственно, клинически значимые расхождения отмечены в 0,05% случаев (95% ДИ 0,04; 0,06%). Детально ход и результаты данного исследования опубликованы ранее [10].

Очевидно, что в практической медицине недостижим 100,0% уровень вероятности наступления определенного события диагностического или терапевтического характера. На этом фоне существуют два стереотипа: первый состоит в том, что медицинский работник всегда имеет 100% точность своих решений и действий, становясь «золотым стандартом»; второй — в том, что и медицинское изделие на основе технологий искусственного интеллекта обязано иметь такую же 100% точность в каждом решении. Полученные ранее оказательства очень высокой медицинской эффективности автономной сортировки сталкиваются со вторым стереотипом, следуя которому даже 0,05% случаев клинически значимых расхождений должны быть обращены в ноль.

Для решения этой проблемы предложено применить двойной просмотр результатов исследований, как известный и эффективный подход к повышению качества и точности массового скрининга новообразований молочной железы [10]. В таком случае модель автономной сортировки результатов профилактических лучевых исследований органов грудной клетки реализуется в режиме двойных автоматизированных просмотров, когда два независимых медицинских изделия на основе технологий искусственного интеллекта (МИ на основе ТИИ) осуществляют параллельный анализ диагностического изображения, а итоговое решение формируется в пользу обследуемого лица.

**Цель.** Оценить влияние двойного автоматизированного просмотра результатов профилактических лучевых исследований органов грудной клетки на качество автономной сортировки.

**Материалы и методы.** Исследование основано на результатах эксперимента по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и дальнейшего применения в системе здравоохранения города Москвы, утвержденного этическим комитетом (выписка из протокола № 2 НЭК МРО РОРР от 20 февраля 2020 года), также зарегистрированного на Clinicaltrials (NCT04489992).

**Дизайн исследования.** Ретроспективное диагностическое исследование.

**Продолжительность исследования.** 15.10.2024–31.10.2024.

**Условия проведения.** Исследование выполнено в рамках Эксперимента по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и дальнейшего применения этих технологий в системе здравоохранения города Москвы (Московский эксперимент; mosmed.ai). Используются результаты профилак-

тических лучевых исследований органов грудной клетки, проведенных в медицинских организациях Департамента здравоохранения г. Москвы при оказании медицинской помощи в амбулаторных условиях и при проведении массовых профилактических осмотров взрослого населения. Указанные результаты исследований были проанализированы, интерпретированы и описаны врачами-рентгенологами в соответствии с действующим законодательством. Применение медицинских изделий на основе технологий искусственного интеллекта в данном случае носило лабораторно-экспериментальный характер; результаты автоматизированного анализа не оказывали влияния на организацию и оказание медицинской помощи пациентам.

**Медицинские изделия на основе технологий искусственного интеллекта.** В исследовании применялись следующие медицинские изделия для автоматизированного анализа результатов рентгенографии/флюорографии органов грудной клетки:

1) «Программа автоматизированного анализа цифровых рентгенограмм органов грудной клетки/флюорограмм по ТУ 62.01.29-001-96876180-2019» (ООО «ФтизисБиоМед»; РЗН 2022/17406);

2) «Третье Мнение. Флюорограммы/Рентгенограммы» (ООО «Платформа Третье Мнение»; РЗН 2021/14506);

3) «Цельс» (ООО «Медицинские скрининг-системы»; РЗН 2021/14449).

Включенные ИИ-сервисы были настроены на чувствительность 1,0 (95% ДИ 1,0; 1,0); значение специфичности было несущественно.

Для обеспечения непредвзятости в тексте статьи перечисленные медицинские изделия анонимизированы.

**Общий ход исследования.** В процессе выполненного ранее исследования результативности и эффективности автономной сортировки [10] получены:

1) набор данных клинических случаев, некорректно отсортированных МИ на основе ТИИ (n=411); включены случаи с зафиксированными расхождениями любого типа — клинически значимыми и незначимыми;

2) данные о количестве и структуре расхождений, выявленных в работе трех медицинских изделий на основе технологий искусственного интеллекта.

В экспериментально-лабораторных условиях смоделирован двойной автоматизированный просмотр отдельно для результатов рентгенографии и флюорографии.

Из набора данных рентгенографии выбраны случаи:

1) пропущенные медицинскими изделиями № 1 и № 2 (n=253); случаи направлены на автоматизированную обработку медицинским изделием № 3;

2) пропущенные медицинским изделием № 3 (n=17); случаи направлены на автоматизированную обработку медицинским изделием № 2.

Из набора данных флюорографии выбраны случаи:

1) пропущенные медицинскими изделиями № 1 и № 2 (n=105); случаи направлены на автоматизированную обработку медицинским изделием № 3;

2) пропущенные медицинским изделием № 3 (n=36); случаи направлены на автоматизированную обработку медицинским изделием № 2.

Результаты упорядочены и проанализированы.

#### Критерии соответствия

##### Критерии включения:

- возраст пациента 18 и более лет;
- назначение профилактического исследования органов грудной клетки уполномоченным врачом городской поликлиники;
- подписанное добровольное информированное согласие пациента на оказание медицинской помощи и проведение лучевых исследований в данной городской поликлинике;
- наличие данных профилактического лучевого исследования, проанализированного медицинским изделием на основе технологий искусственного интеллекта с ложноотрицательным результатом.

2) описательной статистики с применением программы MedCalc 18 (MedCalc Software Ltd, Бельгия).

Размер выборки математически не определялся. Включены результаты лучевых исследований (n=411), для которых при автономной сортировке МИ на основе ТИИ получены ложноотрицательные решения (случаи ошибочного отнесения результатов рентгенографии/флюорографии к категории «норма»). Данная сортировка проводилась в процессе ранее выполненного и опубликованного авторами научного исследования [10].

**Результаты.** В ходе лабораторного эксперимента на автономную сортировку МИ на основе ТИИ подавались выборки результатов исследований из общего набора данных. Выборки формировались таким образом, чтобы каждый случай, ранее ошибочно интерпретированный, прошел второй просмотр иным программным продуктом с искусственным интеллектом (табл. 1).

Автоматически проанализированы результаты 270 рентгенографических исследований и 141 флюорография. Правильная сортировка с отнесением ука-

Таблица 1  
Моделирование второго автоматизированного просмотра при автономной сортировке результатов профилактических лучевых исследований органов грудной клетки

Simulation of automated second reading for autonomous sorting of preventive chest X-ray studies

Вид исследования		Количество исследований	Сортировка правильная	Сортировка неправильная (ложноотрицательный результат)
Рентгенография	абс.	270,0	93,0	177,0
	%	100,0	34,4	65,6
Флюорография	абс.	141,0	37,0	104,0
	%	100,0	26,2	73,8

Table 1

##### Критерии исключения:

- отсутствие результатов профилактического лучевого исследования и/или результатов его автоматизированной обработки в ЕРИС ЕМИАС;
- технические дефекты при выполнении профилактического лучевого исследования.

**Классификация расхождений.** Оценка правильности решений о сортировке, принимаемых медицинскими изделиями, проводилась на основе утвержденной Департаментом здравоохранения г. Москвы методики оценки качества рентгенорадиологических исследований [11, 12]:

1) клинически значимые расхождения: ателектаз; диссеминация; инфильтрация/консолидация; нарушение целостности кортикального слоя кости; очаг затенения; плевральный выпот; пневмоторакс; полость; расширение средостения;

2) клинически незначимые расхождения: кальцинат/кальцинированная тень в легких; кардиомегалия; консолидированный перелом.

##### Методы:

- 1) аналитические (анализ, синтез);

занных исследований к категории «не норма» зафиксирована в 34,4% и 26,2% случаев соответственно.

Необходимо отметить, что качество работы медицинских изделий на основе технологий искусственного интеллекта довольно сильно различалось (табл. 2).

На МИ на основе ТИИ № 2 были поданы 17 случаев рентгенографии и 36 флюорографии, ранее неправильно отсортированных медицинским изделием № 3. К сожалению, ложноотрицательный результат повторился в 100,0% случаев. На МИ на основе ТИИ № 3 были поданы 253 случая рентгенографии и 105 флюорографий, ранее неправильно отсортированных двумя другими медицинскими изделиями. Корректные решения о сортировке зафиксированы в 36,8% и 35,2% случаев для рентгенографии и флюорографии соответственно.

Медицинское изделие на основе ТИИ № 1 не было задействовано в моделировании двойного просмотра по субъективным техническим причинам.

В структуре клинически значимых расхождений (табл. 3) для результатов рентгенографии лидировали такие семиотические признаки, как инфильтра-

Таблица 2

**Сравнение качества программных решений при моделировании второго автоматизированного просмотра**

Table 2

**Model performance in the simulation of automated second reading**

Медицинские изделия на основе технологий искусственного интеллекта		Количество исследований	Сортировка правильная	Сортировка неправильная (ложноотрицательный результат)
Рентгенография				
МИ на основе ТИИ № 2	абс.	17,0	0,0	17,0
	%	100,0	0,0	100,0
МИ на основе ТИИ № 3	абс.	253,0	93,0	160,0
	%	100,0	36,8	63,2
Флюорография				
МИ на основе ТИИ № 2	абс.	36,0	0,0	36,0
	%	100,0	0,0	100,0
МИ на основе ТИИ № 3	абс.	105,0	37,0	68,0
	%	100,0	35,2	64,8

Таблица 3

**Структура расхождений при моделировании второго автоматизированного просмотра**

Table 3

**Discrepancies observed in the simulation of automated second reading**

Патологическое проявление	Рентгенография		Флюорография	
	абс.	%	абс.	%
<b>Клинически значимые расхождения</b>				
Инфильтрация/консолидация	108	76,1	29	39,2
Очаг затемнения	26	18,3	41	55,4
Расширение средостения	4	2,8	4	5,4
Плевральный выпот	3	2,1	—	—
Нарушение целостности кортикального слоя кости	1	0,7	—	—
Всего	142	100,0	74	100,0
<b>Клинически незначимые расхождения</b>				
Консолидированный перелом	25	71,4	23	32,0
Кальцинат/кальцинированная тень в легких	10	28,6	7	11,3
Всего	35	100,0	30	100,0

ция/консолидация — 76,1%, очаг затемнения — 18,3%. Для результатов флюорографии указанные признаки также полностью лидировали, но на первом месте оказался очаг затемнения — 55,4%. Среди клинически незначимых расхождений в обоих случаях преобладал консолидированный перелом — 71,4% и 76,7% соответственно.

Большинство (n=266; 64,7% среди всех пропущенных патологических изменений и 91,7% из клинически значимых расхождений) ложноотрицательных результатов были связаны с пропуском инфильтрации легочной ткани и наличием очагов затемнения. Данные семиотические признаки могут скрывать за собой клинически и социально значимые заболевания, такие как воспалительные изменения легких (пневмония), специфические инфекции (например, туберкулез), образования легких.

Пропуски очагов во многом зависели от их размеров, интенсивности затемнения и расположения в проекции легочных полей. Среди ложноотрицательных результатов преобладали очаги размером до 10 мм, средней или низкой интенсивности

(рис. 1), однако в 4,1% (n=12) случаев были пропущены очаги больших размеров (рис. 2).

При оценке инфильтративных изменений наибольшее количество пропусков имело локализацию в нижних отделах легочных полей, что обусловлено более низкой прозрачностью легких в данных областях, суммацией с легочным рисунком (рис. 3).

При использовании второго МИ на основе ТИИ в 31,6% случаев (n=130) удалось выявить патологические изменения, в том числе из них на 25,5% (n=74) снизилось количество клинически значимых патологических изменений. В группе инфильтративных изменений снижение количества пропусков достигло 27,1% (n=51) (рис. 4), очаговые изменения легких были выявлены в 14,1% случаев (n=11) (рис. 5).

**Обсуждение.** Идея автономной сортировки результатов лучевых исследований органов грудной клетки для автоматизированного описания «нормы» разрабатывается несколькими научными группами [13–15]. Потенциально в данной концепции видят средство для снижения производственной нагрузки



**Рис. 1.** Пациент 40 лет, флюорограмма в прямой проекции (а), увеличенный фрагмент флюорограммы на уровне средних отделов левого легочного поля (б), результат работы ТИИ (в). В средних отделах левого легочного поля, на уровне четвертого межреберья по передним отрезкам ребер по среднеключичной линии определяется средней интенсивности очаг, с четкими, неровными контурами, размером 6 мм (а). Целевая патология сервисом ИИ не найдена (б)

**Fig. 1.** Patient, 40 years old, fluorogram in coronal view (a), enlarged fluorogram ROI at the left middle zone (б), AI processing result (в). In the left middle zone, at the level of the 4<sup>th</sup> anterior intercostal space along the midclavicular line, there is a 6 mm pulmonary nodule with medium opacity and well-defined but irregular margins (a). AI analysis negative for target pathology (б)



**Рис. 2.** Пациентка, 43 года, рентгенограмма органов грудной клетки в прямой проекции (а), увеличенный фрагмент рентгенограммы на уровне нижних отделов левого поля (б), результат работы ТИИ (в). В нижних отделах левого легочного поля, на уровне седьмого межреберья по передним отрезкам ребер на уровне среднеключичной линии определяется средней интенсивности тень овальной формы, с четкими, ровными контурами, размером 13×17 мм (а). Целевая патология сервисом ИИ не найдена (б)

**Fig. 2.** Patient 43 years old, chest fluorogram in coronal view (a), enlarged fluorogram ROI at the left lower zone (б), AI processing result (в). In the left lower zone, at the level of the 7<sup>th</sup> anterior intercostal space along the midclavicular line, there is a 13×17 mm oval opacity of medium density with well-defined, smooth borders (a). AI analysis negative for target pathology (б)

на врачей-рентгенологов. Однако реальная проверка идеи осуществлена лишь на очень ограниченных выборках и преимущественно в экспериментальных условиях. Например, в исследовании Plesner и соавт. (2023) качество автоматизированного описания «нормы» оценивалось на материале всего лишь 1529 клинических случаев; более того, исследование проведено в ретроспективном дизайне [16].

На этом фоне нами в 2023 г. опубликована проверка гипотезы о возможности автономной сортировке на материале 88 048 флюорографий [9], а годом позже проведено полноценное проспектив-

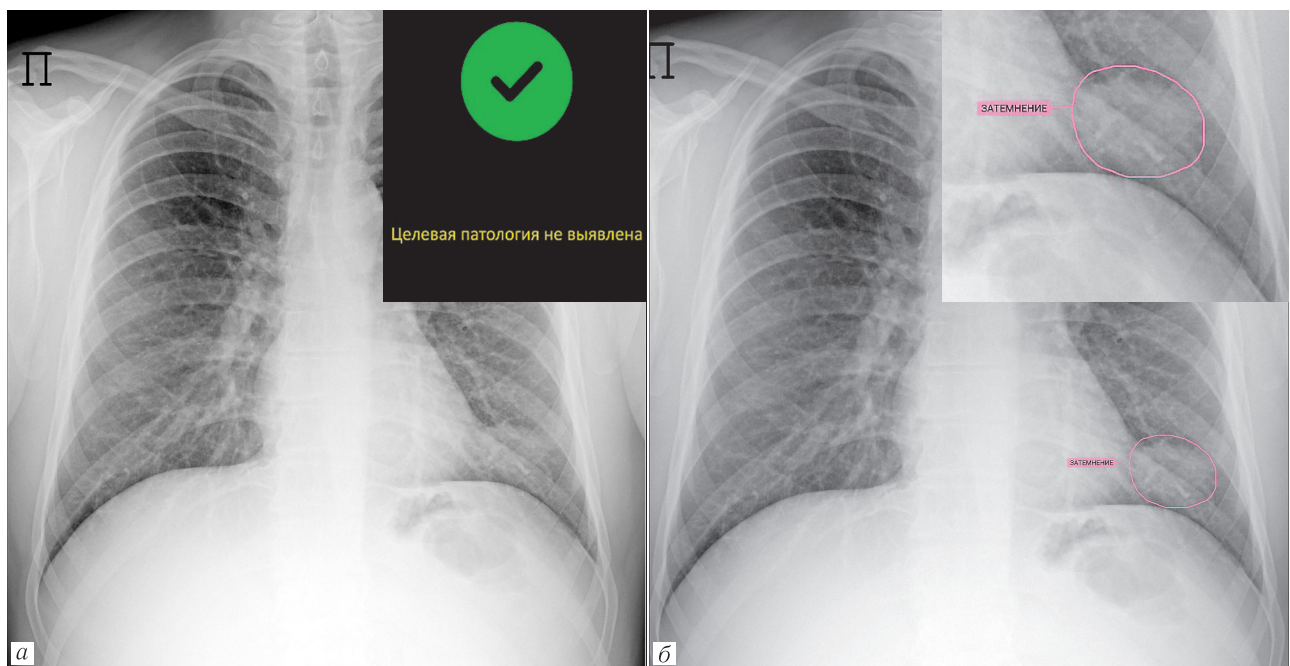
ное клиническое исследование с участием свыше полумиллиона пациентов, уже неоднократно процитированное выше. Накопленные знания позволяют нам более детально и обоснованно подойти к проработке методологии автономной сортировки результатов массовых профилактических исследований.

В процессе проспективного многоцентрового исследования в г. Москве через автономную сортировку прошли 575 549 результатов профилактических лучевых исследований. К категории «норма» отнесен 315 491 случай, в ходе этапных экспертных мероприятий из этого числа выявлены 411 ложно-



**Рис. 3.** Пациент 48 лет, рентгенограмма органов грудной клетки в прямой проекции (а), результат работы ТИИ (б). В нижних отделах левого легочного поля, на уровне пятого межреберья и VI ребра по передним отрезкам ребер на уровне среднеключичной линии определяется средней интенсивности тень неправильной формы, с местами четкими, неровными контурами, размером 38 мм (а). Целевая патология сервисом ИИ не найдена (б)

**Fig. 3.** Patient 48 years old, chest X-ray in coronal view (a), AI processing result (b). In the left lower zone, at the level of the 5<sup>th</sup> intercostal space and 6<sup>th</sup> anterior rib along the midclavicular line, there is a 38 mm irregular opacity of medium density with ill-defined, heterogeneous margins (a). AI analysis negative for target pathology (b)

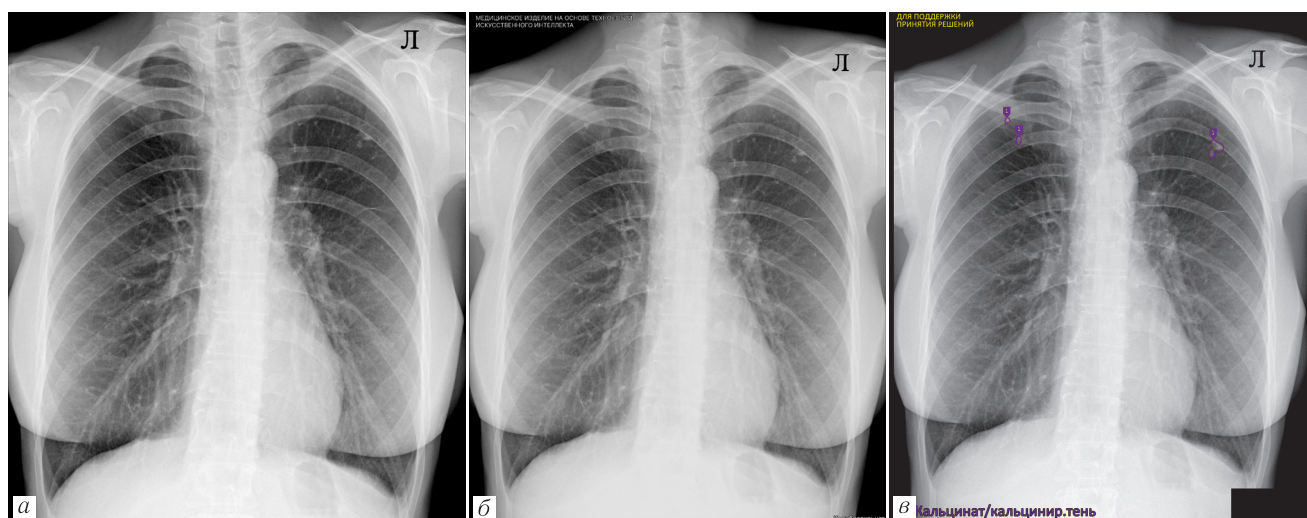


**Рис. 4.** Пациент 48 лет, рентгенограмма органов грудной клетки в прямой проекции с результатом работы 1-го сервиса ИИ (а), результат работы (рентгенограмма и увеличенный фрагмент рентгенограммы) 2-го сервиса ИИ (б). В нижних отделах левого легочного поля, на уровне пятого межреберья и VI ребра по передним отрезкам ребер на уровне среднеключичной линии определяется средней интенсивности тень неправильной формы, нечеткими, неровными контурами, размером 38 мм, целевая патология не найдена (а). Маркировка и указание вида патологических изменений вторым сервисом ИИ (б)

**Fig. 4.** Patient 48 years old, chest X-ray in coronal view processed by the 1st AI model (a), processing results (X-ray and an enlarged ROI) of the 2<sup>nd</sup> AI model (b). In the left lower zone, at the level of the 5<sup>th</sup> intercostal space and 6<sup>th</sup> anterior rib along the midclavicular line, there is a 38 mm irregular opacity of medium density with poorly defined, irregular margins; analysis negative for target pathology (a). The 2<sup>nd</sup> AI model identified and classified pathological finding (b)

отрицательных случаев, содержащих патологические отклонения. Таким образом, относительно общего количества случаев, прошедших сортировку автономным искусственным интеллектом, всего

лишь 0,071% были интерпретированы ошибочно — отнесены к категории «норма» на фоне наличия тех или иных патологических отклонений [10].



**Рис. 5.** Пациентка 51 года, рентгенограмма органов грудной клетки в прямой проекции (а), результат работы 1-го сервиса ИИ (б), результат работы 2-го сервиса ИИ (в). В верхних отделах обоих легких определяются высокоинтенсивные очаги размером до 3 мм — кальцинаты (а), отсутствие маркировки на изображении с результатами работы первого сервиса ИИ (б), маркировка и указание вида патологических изменений вторым сервисом ИИ (в)

**Fig. 5.** Patient 51 years old, chest X-ray in coronal view (a), processing results of the 1st AI model (b), processing results of the 2nd AI model (v). Multiple calcified nodules up to 3 mm in diameter noted in bilateral upper lung fields (a); the 1st AI model identified no abnormalities (b); the 2nd AI model correctly identified and classified the pathological findings (v)

Как показывают результаты текущего исследования, в случае реализации двойного автоматизированного просмотра количество ложноотрицательных случаев можно было бы сократить на 112 штук. В таком случае удельный вес некорректных сортировок снизился бы на 0,019% и составил бы 0,052%.

Дополнительно отметим следующий момент. При подсчете удельного веса расхождений руководствовались результатами ранее проведенного исследования, свидетельствующего о необходимости представления данных о работе технологий искусственного интеллекта с тремя знаками после запятой [17].

Внедрение двойного просмотра позволило снизить количество ложноотрицательных результатов сортировки на 31,6% (n=130), практически не изменив структуру расхождений: в ней все равно преобладают клинически значимые. Если в ходе основного исследования их удельный вес составил 70,6% [10], то в текущем — 76,9%. Вместе с тем из структуры клинически значимых расхождений, благодаря двойному автоматизированному просмотру, исчезли такие патологические проявления, как ателектаз, диссеминация, полость, а из клинически незначимых — кардиомегалия.

Необходимо подчеркнуть различия в качестве работы медицинских изделий на основе технологий искусственного интеллекта.

Нестабильность, колебания точности, проистекающая из этого необходимость тщательного пострегистрационного мониторинга их применения с целью обеспечения безопасности и качества медицинской помощи детально и неоднократно освещались в публикациях, в том числе с участием авторов данного исследования [18–21].

Проверка гипотезы о целесообразности двойного автоматизированного просмотра, даже в экспериментальных условиях, только подтвердила ранее сделанные наблюдения. Качество работы МИ на основе ТИИ № 2 и № 3 разительно отличались. Фактически одно из решений оказалось полностью неэффективным, тогда как другое внесло определенный вклад в снижение числа потенциальных ложноотрицательных решений по автономной сортировке.

Стоит упомянуть также и отрицательный эффект введения в сортировку второго МИ и основе ТИИ — это уменьшение количества профилактических исследований, которые будут отнесены к норме; учитывая полученные в эксперименте данные, снижение эффективности сортировки может достигать 15,0–20,0% и будет зависеть от наиболее неэффективного в плане сортировки сервиса.

На текущем уровне технологического развития, а также с учетом многофакторности процессов получения диагностических изображений добиться 100% точности автономной сортировки не представляется возможным. Вместе с тем организация двойного автоматизированного просмотра позволяет максимально приблизить количество ложноотрицательных решений к нулю. Выбор конкретных медицинских изделий на основе ТИИ для автономной сортировки должен сопровождаться тщательным сравнением данных о качестве и стабильности их работы, проведением опытной эксплуатации, мониторингом при промышленной эксплуатации. Договорные взаимоотношения с поставщиками МИ на основе ТИИ должны предусматривать возможность приостановки работы данного продукта при

выявлении критичного падения качества работы (с соответствующими финансовыми санкциями). Стратегически должна быть реализована возможность бесперебойной замены одного медицинского изделия другим, более стабильным.

С учетом вышесказанного требуется дальнейшее изучение возможностей снижения количества ложно-отрицательных результатов сортировки с применением разных подходов, в том числе расширении данных, которые получает ТИИ для своей работы (например, клиническая информация из направления), учет результатов предыдущих исследований, а также внедрение в алгоритм сортировки возможности отправки исследования на пересмотр врачом-рентгенологом при несоответствии клинической и лучевой картины. Последнее особенно актуально при проведении диагностических исследований у пациентов с явной клинической картиной и отсутствием патологических изменений при оценке МИ на основе ТИИ.

При решении о практическом внедрении автономной сортировки целесообразно руководствоваться осмысленным соотношением пользы и вреда. Полагаем, что с учетом популяционной значимости массовых профилактических осмотров на первое место должны быть вынесены аспекты общественной пользы — масштабные социально-экономические положительные эффекты, преодоление ряда принципиальных проблем системы здравоохранения.

**Заключение.** Автономная сортировка результатов профилактических лучевых исследований органов грудной клетки должна реализовываться в виде двойного автоматизированного просмотра, когда два независимых медицинских изделия на основе технологий искусственного интеллекта осуществляют

одновременный анализ диагностического изображения, а итоговое решение формируется лечащим врачом в пользу обследуемого лица.

Автономная сортировка — организационный подход, направленный на снижение необоснованной нагрузки на врача-рентгенолога в виде описания значительного числа профилактических исследований с нормой. Одновременно этот подход требует от врача-рентгенолога повышенного внимания и тщательного, скрупулезного анализа результатов исследований категории «не норма» (в том числе с привлечением карты пациента и рентген-архива). В интерпретации результатов категории «норма» возрастает роль лечащего врача, но параллельно принципиальным образом усиливается и расширяется роль врача-рентгенолога во внутреннем контроле безопасности и качества медицинской помощи, оказываемой с применением медицинских изделий на основе технологий ИИ.

Двойной автоматизированный просмотр улучшает качество автономной сортировки результатов профилактических лучевых исследований органов грудной клетки, что проявляется снижением удельного веса ложноотрицательных решений с 0,071% до 0,052%. Несмотря на значимое снижение количества расхождений, требуется внедрение и других подходов для снижения количества ложноотрицательных заключений.

При текущем уровне технологического развития (как искусственного интеллекта, так и рентгенографии) достижение полной безошибочности автономной сортировки невозможно. Однако при принятии стратегических управленческих решений целесообразно прежде всего принимать во внимание аспекты общественной пользы.

#### Сведения об авторах:

*Бажин Александр Владимирович* — кандидат медицинских наук, заместитель директора по учебной работе государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы»; 127051, Москва, ул. Петровка, д. 24; e-mail: BazhinAV@zdrav.mos.ru; ORCID 0000-0003-3198-1334; eLibrary SPIN 6122-5786;

*Васильев Юрий Александрович* — доктор медицинских наук, директор государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы»; 127051, Москва, ул. Петровка, д. 24; e-mail: npcmr@zdrav.mos.ru; ORCID 0000-0002-5283-5961; eLibrary SPIN 4458-5608;

*Владимирский Антон Вячеславович* — доктор медицинских наук, заместитель директора по научной работе государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы»; 127051, Москва, ул. Петровка, д. 24; e-mail: VladzimirskijAV@zdrav.mos.ru; ORCID 0000-0002-2990-7736; eLibrary SPIN 3602-7120;

*Арзамасов Кирилл Михайлович* — доктор медицинских наук, заведующий отдела медицинской информатики, радиомикки и радиогеномики государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы»; 127051, Москва, ул. Петровка, д. 24; e-mail: ArzamasovKM@zdrav.mos.ru; ORCID 0000-0001-7786-0349; eLibrary SPIN 3160-8062;

*Шулькин Игорь Михайлович* — кандидат медицинских наук, врач-эксперт Управления по развитию информационных систем инноваций в здравоохранении государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы»; 127051, Москва, ул. Петровка, д. 24; e-mail: ShulkinIM@zdrav.mos.ru; ORCID 0000-0002-7613-5273; eLibrary SPIN 5266-0618.

#### Information about the authors:

*Alexander V. Bazhin* — Cand. of Sci. (Med.), Deputy Director for Training, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, 24 Petrovka St., Moscow, 127051, Russia; e-mail: BazhinAV@zdrav.mos.ru; ORCID 0000-0003-3198-1334; eLibrary SPIN 6122-5786;

*Yuriy A. Vasilev* — Dr. of Sci. (Med.), Medical Director, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, 24 Petrovka St., Moscow, 127051, Russia; e-mail: npcmr@zdrav.mos.ru; ORCID 0000-0002-5283-5961; eLibrary SPIN 4458-5608;

*Anton V. Vladzimirskiy* — Dr. of Sci. (Med.), Deputy Director for R&D, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, 24 Petrovka St., Moscow 127051, Russia; e-mail: VladzimirskijAV@zdrav.mos.ru; ORCID 0000-0002-2990-7736; eLibrary SPIN 3602-7120;

*Kirill M. Arzamasov* — Dr. of Sci. (Med.), Head of Department of Medical Informatics, Radiomics, and Radiogenomics, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, 24 Petrovka St., Moscow, 127051, Russia; e-mail: ArzamasovKM@zdrav.mos.ru; ORCID 0000-0001-7786-0349; eLibrary SPIN 3160-8062;

*Igor M. Shulkin* — Cand. of Sci. (Med.), Expert Physician, Department of Information Systems for Healthcare Innovations, Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care Department, 24 Petrovka St., Moscow, 127051, Russia; e-mail: ShulkinIM@zdrav.mos.ru; ORCID 0000-0002-7613-5273; eLibrary SPIN 5266-0618.

**Вклад авторов.** Все авторы подтверждают соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределен следующим образом: концепция и план исследования — *А.В. Бажин, Ю.А. Васильев, А.В. Владзимирский*; сбор и обработка данных — *А.В. Бажин, К.М. Арзамасов, И.М. Шулькин*; подготовка рукописи — *А.В. Бажин, А.В. Владзимирский*.

**Authors' contributions.** All authors met the ICMJE authorship criteria. Special contribution: aided in the concept and plan of the study — *AVB, YuAV, AVV*; provided collection and analysis of data — *AVB, KMA, IMSH*; preparation of the manuscript — *AVB, AVV*.

**Потенциальный конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Disclosure:** the authors declares no conflict of interest.

**Соответствие принципам этики:** исследование (Эксперимент по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и дальнейшего применения в системе здравоохранения города Москвы) одобрено этическим комитетом МРО POPP (выписка из протокола № 2 от 20 февраля 2020 года). Информированное согласие получено от каждого пациента.

**Adherence to ethical standards:** the study (the Experiment exploring innovative computer vision technologies for medical image analysis and further integration in the Moscow healthcare system) was approved by the Independent Ethics Committee of Moscow Regional Branch of the Russian Society of Roentgenologists and Radiologists (MRB RSRR) (extract from protocol No. 2 dated February 20, 2020). Informed consent was obtained from each patient.

**Финансирование.** Данная статья подготовлена авторским коллективом в рамках НИР «Научные методологии устойчивого развития технологий искусственного интеллекта в медицинской диагностике», (№ ЕГИСУ: № 123031500004-5) в соответствии с Приказом от 17.12.2024 г. № 1184 «Об утверждении государственных заданий, финансовое обеспечение которых осуществляется за счет средств бюджета города Москвы государственным бюджетным (автономным) учреждениям подведомственным Департаменту здравоохранения города Москвы, на 2025 год и плановый период 2026 и 2027 годов» Департамента здравоохранения города Москвы.

**Financing.** This paper was prepared by a group of authors as a part of the research and development effort titled «Evidence-based methodologies for sustainable development of artificial intelligence in medical imaging», (USIS No. 123031500004-5) in accordance with the Order No. 1184 dated December 17, 2024 «On approval of state assignments funded by means of allocations from the budget of the city of Moscow to the state budgetary (autonomous) institutions subordinate to the Moscow Healthcare Department, for 2025 and the planned period of 2026 and 2027» issued by the Moscow Healthcare Department.

Поступила/Received: 27.09.2025

Принята к печати/Accepted: 25.02.2026

Опубликована/Published: 29.03.2026

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Игнатьева В.И., Концевая А.В., Калинина А.М. и др. Социально-экономическая эффективность мероприятий по раннему выявлению онкологических заболеваний при диспансеризации // *Профилактическая медицина*. 2024. Т. 27, No. 1. С. 36–44. [Ignatyeva V.I., Kontseyaya A.V., Kalinina A.M. et al. Socio-economic efficiency of the early cancer detection during the medical checkup. *The Russian Journal of Preventive Medicine*, 2024, Vol. 27, No. 1, pp. 36–44 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.17116/profmed20242701136>.
- Кравченко А.Ф., Шепелева Л.П. Эффективность и рентабельность массового профилактического флюорографического обследования населения на примере Республики Саха (Якутия) // *Вестник Центрального научно-исследовательского института туберкулеза*. 2021. № 1. С. 76–86. [Kravchenko A.F., Shepeleva L.P. Effectiveness and cost-effectiveness of mass fluorography screening of the population on the example of Sakha (Yakutia) Republic. *CTRI Bulletin*, 2021, No. 1, pp. 76–86 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.7868/S258766782101009X>.
- Голубев Н.А., Огрызко Е.В., Тюрина Е.М. и др. Особенности развития службы лучевой диагностики в Российской Федерации за 2014–2019 года // *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики*. 2021. С. 356–375. [Golubev N.A., Ogryzko E.V., Tyurina E.M. et al. Features of the development of the radiation diagnostics service in the Russian Federation for 2014–2019. *Current problems of health care and medical statistics*, 2021, pp. 356–375 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.24412/2312-2935-2021-2-356-376>.
- Трофимова Т.Н., Козлова О.В. Лучевая диагностика 2019 в цифрах и фактах // *Лучевая диагностика и терапия*. 2020. Т. 11, № 4. С. 96–99. [Trofimova T.N., Kozlova O.V. Radiology in Saint-Petersburg, 2019. *Diagnostic radiology and radiotherapy*, 2020, Vol. 11, No. 4, pp. 96–99 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.22328/2079-5343-2020-11-4-96-99>.
- Тюрин И.Е. Лучевая диагностика в Российской Федерации // *Онкологический журнал: лучевая диагностика, лучевая терапия*. 2018. № 1 (4). С. 43–51. [Tyurin I.E. Radiology in the Russian Federation. *Journal of oncology: diagnostic radiology and radiotherapy*, 2018, No. 1 (4), pp. 43–51 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.37174/2587-7593-2018-1-4-43-51>.

6. Шелехов П.В. Кадровая ситуация в лучевой диагностике // *Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики*. 2019. № 1. С. 265–275. [Shelekhov P.V. Personnel situation in radiative diagnostics. *Current problems of health care and medical statistics*, 2019, Vol. 1, pp. 265–275 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.24411/2312-2935-2019-10018>.
7. Никитин Е.Д., Плаксин Н.С., Гарец М.Б., Гутин Е.М. Сравнение способов работы системы искусственного интеллекта в режиме сверхвысокой чувствительности для автономного описания цифровых флюорограмм без патологии // *Digital Diagnostics*. 2024. Т. 5, № S1. С. 71–73 [Nikitin E., Plaksin N., Garetz M., Gutin E. Comparison of the methods of operation of the artificial intelligence system in the ultra-high sensitivity mode for the autonomous description of chest X-rays without pathology. *Digital Diagnostics*, 2024, Vol. 5, No. S1, pp. 71–73 (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.17816/DD626001>.
8. Бородулин Б.Б., Гогоберидзе Ю.Т., Жилинская К.В. и др. Опыт применения искусственного интеллекта для автоматизированного анализа цифровых рентгенограмм в условиях городской больницы // *Digital Diagnostics*. 2024. Т. 5, № S1. С. 127–129 [Borodulin B.B., Gogoberidze Yu.T., Zhilinskaya K.V. et al. The experience of using artificial intelligence for automated analysis of digital radiographs in a city hospital. *Digital Diagnostics*, 2024, Vol. 5, No. S1, pp. 127–129 (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.17816/DD629896>.
9. Васильев Ю.А., Тыров И.А., Владимирский А.В. и др. Новая модель организации массовых профилактических исследований, основанная на автономном искусственном интеллекте для сортировки результатов флюорографии // *Здоровье населения и среда обитания — ЗНУСО*. 2023. Т. 31, № 11. С. 23–32. [Vasilev Yu.A., Tyrov I.A., Vladymyrsky A.V. et al. A New Model of Organizing Mass Screening Based on Stand-Alone Artificial Intelligence Used for Fluorography Image Triage. *Public Health and Life Environment — PH&LE*, 2023, Vol. 31, No. 11, pp. 23–32 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-11-23-32>.
10. Васильев Ю.А., Сычев Д.А., Бажин А.В. и др. Автономный искусственный интеллект для сортировки результатов профилактических рентгенологических исследований органов грудной клетки: медицинская и экономическая эффективность // *Digital Diagnostics*. 2025. Т. 6, № 1. С. 5–22. [Vasilev Yu.A., Sychev D.A., Bazhin A.V. et al. Autonomous artificial intelligence for sorting results of preventive radiological examinations of chest organs: medical and economic efficiency. *Digital Diagnostics*, 2025, Vol. 6, No. 1, pp. 5–22 (In Russ.)]. doi: <https://doi.org/10.17816/DD641703>.
11. Morozov S., Guseva E., Ledikhova N. et al. Telemedicine-based system for quality management and peer review in radiology // *Insights Imaging*. 2018. Vol. 9, No. 3. P. 337–341. doi: 10.1007/s13244-018-0629-y.
12. Guseva E., Morozov S., Burenchev D. et al. Remote radiological audit: a regional quality assurance system // *Insights Imaging*. 2018. Vol. 9 (Suppl. 1). P. 228–230. doi: 10.1007/s13244-018-0603-8.
13. Dyer T., Dillard L., Harrison M. et al. Diagnosis of normal chest radiographs using an autonomous deep-learning algorithm // *Clin. Radiol*. 2021. Jun; Vol. 76, No. 6. P. 473. e9–473.e15. doi: 10.1016/j.crad.2021.01.015.
14. Kim T.K., Yi P.H., Wei J. et al. Deep Learning Method for Automated Classification of Anteroposterior and Posteroanterior Chest Radiographs // *J. Digit Imaging*. 2019. Dec. Vol. 32, No. 6. P. 925–930. doi: 10.1007/s10278-019-00208-0.
15. Park C.M. AI: Workload Reduction by Autonomous Reporting of Normal Chest Radiographs // *Radiology*. 2023. May. Vol. 307, No. 3. e230252. doi: 10.1148/radiol.230252.
16. Plesner L.L., Müller F.C., Nybing J.D. et al. Autonomous Chest Radiograph Reporting Using AI: Estimation of Clinical Impact // *Radiology*. 2023. Vol. 307, No. 3. e222268. doi: 10.1148/radiol.222268.
17. Васильев Ю.А., Памова А.П., Арзамасов К.М. и др. Представление метрик диагностической точности в зависимости от классификации программного обеспечения на основе искусственного интеллекта в области лучевой диагностики // *Врач и информационные технологии*. 2025. № 1. С. 58–69. [Vasilev Yu.A., Pamova A.P., Arzamasov K.M. et al. Presentation of diagnostic accuracy metrics based on classification of artificial intelligence software in radiology // *Medical doctor and information technology*, 2025, No. 1, pp. 58–69 (In Russ.)]. doi: 10.25881/18110193\_2025\_1\_58.
18. Arzamasov K., Vasilev Y., Zelenova M. et al. Independent evaluation of the accuracy of 5 artificial intelligence software for detecting lung nodules on chest X-rays // *Quant Imaging Med. Surg*. 2024. Vol. 14, No. 8. P. 5288–5303. doi: 10.21037/qims-24-160.
19. Васильев Ю.А., Владимирский А.В., Омелянская О.В. и др. Обзор метаанализов о применении искусственного интеллекта в лучевой диагностике // *Медицинская визуализация*. 2024. Т. 28, No. 3. С. 22–41. [Vasilev Yu.A., Vladymyrsky A.V., Omelyanskaya O.V. et al. Review of meta-analyses on the use of artificial intelligence in radiology. *Medical Visualization*, 2024, Vol. 28, No. 3, pp. 22–41 (In Russ.)]. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1425>.
20. Kelly B.S., Judge C., Bollard S.M. et al. Radiology artificial intelligence: a systematic review and evaluation of methods (RAISE) [published correction appears in *Eur. Radiol*. 2022. Nov; Vol. 32, No. 11. P. 8054. doi: 10.1007/s00330-022-08832-1.] // *Eur. Radiol*. 2022. Vol. 32, No. 11. P. 7998–8007. doi: 10.1007/s00330-022-08784-6.
21. Ng C.K.C. Diagnostic Performance of Artificial Intelligence-Based Computer-Aided Detection and Diagnosis in Pediatric Radiology: A Systematic Review // *Children (Basel)*. 2023. Vol. 10, No. 3. P. 525. Published 2023. Mar 8. doi: 10.3390/children10030525.