



ОБОСНОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК И СТРУКТУРЫ МОРФОМЕТРИЧЕСКОГО НАБОРА ДАННЫХ С РЕЗУЛЬТАТАМИ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

**Нелли Маратовна Насибян[✉], Татьяна Михайловна Бобровская,
Антон Вячеславович Владзимирский**

*Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента
здравоохранения города Москвы, Москва, Россия*

Аннотация. Цель – обоснование характеристик, разработка набора данных (датасет) для тестирования и мониторинга качества работы ИИ-сервисов для морфометрии предстательной железы на результатах МРТ. Проведен поиск научной литературы в базах данных PubMed и РИНЦ с глубиной поиска, преимущественно не превышающей 10 лет.

В структуре заболеваемости злокачественными новообразованиями мужского населения опухоли устойчиво занимают первое место в России и второе в глобальной перспективе. В России в 2013 г. соответствующая заболеваемость составляла 34,62 случая на 100 тыс. населения, а в 2023 г. она возросла до 50,33 случая на 100 тыс. населения. Отмечается устойчивый ежегодный прирост абсолютного числа впервые в жизни установленных диагнозов рака предстательной железы; определенный спад этого показателя пришелся на период пандемии COVID-19, но в настоящее время рост возобновился. В структуре смертности от злокачественных новообразований мужского населения этот вид патологии занимает третье место (9,0%). Особую роль в скрининге и диагностике заболеваний предстательной железы играет магнитно-резонансная томография. Однако ее применение часто ограничивается длительностью выполнения описаний результатов исследований, прежде всего в силу различного уровня компетенций врачей, а также трудоемкости обработки, интерпретации, выполнения различных измерений и т.д. Одним из потенциальных способов решения этой проблемы могут служить технологии компьютерного зрения. Как недостаток самих данных, так и дефекты их разметки ограничивают внедрение технологий искусственного интеллекта в практическое здравоохранение.

Ключевые слова: искусственный интеллект, предстательная железа, морфометрия, датасет, магнитно-резонансная томография

Финансирование: данная статья подготовлена авторским коллективом в рамках НИОКР «Разработка платформы подготовки наборов данных лучевых диагностических исследований» (№ ЕГИСУ: 123031500003-8) в соответствии с Приказом от 22.12.2023 г. № 1258 «Об утверждении государственных заданий, финансовое обеспечение которых осуществляется за счет средств бюджета города Москвы, государственным бюджетным (автономным) учреждениям, подведомственным Департаменту здравоохранения города Москвы, на 2024 год и плановый период 2025 и 2026 гг.» Департамента здравоохранения.

Шифр специальности: 3.1.25. Лучевая диагностика.

Для цитирования: Насибян Н. М., Бобровская Т. М., Владзимирский А. В. Обоснование характеристик и структуры морфометрического набора данных с результатами магнитно-резонансной томографии предстательной железы // Вестник СурГУ. Медицина. 2025. Т. 18, № 2. С. 14–22. <https://doi.org/10.35266/2949-3447-2025-2-2>.

Review article

MORPHOMETRIC DATA SET CHARACTERISTICS AND STRUCTURE SUBSTANTIATION WITH PROSTATE GLAND MAGNETIC RESONANCE IMAGING RESULTS

Nelli M. Nasibian[✉], Tatyana M. Bobrovskaya, Anton V. Vladzimirskyy

*Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Moscow Health Care
Department, Moscow, Russia*

Abstract. The purpose is to substantiate the characteristics, develop a data set for testing and monitoring the quality of artificial intelligence (AI) services for prostate morphometry on magnetic resonance imaging (MRI) results. We carried out a search of scientific literature in PubMed and RINC databases with the search depth, mostly not exceeding 10 years.

In the structure of malignant neoplasm morbidity among the male population, tumors steadily rank first in Russia and second in the global perspective. In Russia in 2013, the corresponding morbidity was 34.62 cases per 100 thousand people, and in 2023, it increased to 50.33 cases. There is a steady annual increase in the absolute number of first-time diagnoses of prostate cancer. There was a certain decline in this indicator during the COVID-19 pandemic, but now the growth has restarted. This type of pathology ranks third (9.0%) in the structure of mortality from malignant neoplasms among the male population. MRI has a special role in screening and diagnosis of prostate diseases. The varying levels of doctors' competence and the labor-intensive processing, interpretation, and measurements often limit the implementation of MRI, because of the time needed to describe the research results. Computer vision technologies can serve as one of the potential ways of solving this problem. Both the lack of data itself and defects in data markup limit the introduction of AI technologies in practical healthcare.

Keywords: artificial intelligence, prostate gland, morphometry, data set, magnetic resonance imaging

Funding: the article is made within the framework of R&D "Platform development for data sets preparation for radiology diagnostic studies" (United Government Information System (EGISU) No. 123031500003-8) in accordance with the Order No. 1258 of December 22, 2023, "On Approval of State Assignments, the financial support of which is provided from the budget of the city of Moscow to state budgetary (autonomous) institutions subordinate to the Department of Healthcare of Moscow, for 2024 and the planning period of 2025 and 2026".

Code: 3.1.25. Radiation Therapy.

For citation: Nasibian N. M., Bobrovskaya T. M., Vladzimirskyy A. V. Morphometric data set characteristics and structure substantiation with prostate gland magnetic resonance imaging results. *Vestnik SurGU. Meditsina*. 2025;18(2):14–22. <https://doi.org/10.35266/2949-3447-2025-2-2>.

ВВЕДЕНИЕ

В структуре заболеваемости злокачественными новообразованиями мужского населения опухоли устойчиво занимают первое место в России и второе в глобальной перспективе [1, 2]. В России в 2013 г. соответствующая заболеваемость составляла 34,62 на 100 тыс. населения, а в 2023 г. она возросла до 50,33 на 100 тыс. населения. Отмечается устойчивый ежегодный прирост абсолютного числа впервые в жизни установленных диагнозов рака предстательной железы; определенный спад этого показателя пришелся на период пандемии COVID-19, но в настоящее время рост возобновился. В структуре смертности от злокачественных новообразований (ЗНО) мужского населения этот вид патологии занимает третье место (9,0%) [1]. Вместе с тем уверенно нарастает индекс накопления контингента соответствующих больных: с 5,1 в 2013 г. до 10,0 в 2023 г. Это свидетельствует о значительных успехах в лечении ЗНО предстательной железы [3]. Однако и своевременное выявление, и точная дифференциальная диагностика, и формирование персонализированной тактики ведения, и, наконец, контроль результативности лечения требуют этапного применения различных методов лучевой диагностики.

Особую роль в скрининге и диагностике заболеваний предстательной железы играет магнитно-резонансная томография (МРТ) [4, 5]. Однако ее применение часто ограничивается длительностью выполнения описаний результатов исследований, прежде всего в силу различного уровня компетенций врачей, а также трудоемкости обработки, интерпретации, выполнения различных измерений и т. д. [6]. Одним из потенциальных способов решения этой проблемы могут служить технологии компьютерного зрения. Значительные ожидания от искусственного интеллекта (ИИ) есть и в области МР-диагностики ЗНО предстательной железы. По литературным данным средняя точность таких решений превышает 97 %,

но наблюдается серьезный недостаток их практического применения и оценки медицинской эффективности [7, 8].

Разработка и всестороннее изучение соответствующих решений ведется многочисленными авторами; при этом убедительно показана проблема качества подготовки и разметки данных, используемых для обучения и тестирования алгоритмов ИИ [9]. Как недостаток самих данных, так и дефекты их разметки ограничивают внедрение технологий ИИ в практическое здравоохранение.

Цель – обосновать характеристики, разработать набор данных (датасет) для тестирования и мониторинга качества работы ИИ-сервисов для морфометрии предстательной железы на результатах МРТ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Проведено аналитическое исследование: систематизированные результаты соревнований разработчиков [10], библиографические базы данных РИНЦ и PubMed с глубиной поиска, преимущественно не превышающей 10 лет. Для непосредственного создания набора данных применялась оригинальная методология, ранее разработанная в ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ» [11]. В соответствии с действующим законодательством использованы деперсонализированные результаты лучевых исследований из Единого радиологического информационного сервиса Единой медицинской информационно-аналитической системы г. Москвы (ЕРИС ЕМИАС). Для разметки данных использованы функциональные возможности ЕРИС ЕМИАС. В исследовании применялись аналитические методы (анализа и синтеза).

Исследования по теме статьи были утверждены комитетом по этике государственного бюджетного учреждения здравоохранения города Москвы «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы».

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

С целью обоснования оптимальных характеристик целевого набора данных проведено аналитическое исследование.

Выполнен анализ представленных публично наборов данных, содержащих результаты МРТ предстательной железы. Из открытых источников получены сведения о 19 соответствующих датасетах:

1. FastMRI Prostate.
2. ICCVB.
3. Medical Segmentation Decathlon.
4. MRI-FIRST Database-CAD-FIRST study.
5. NCI-ISBI 2013 ASPS Challenge.
6. NCIGT-PROSTATE.
7. PI-CAI Challenge.
8. PROMISE12 Challenge.
9. Prostate158.
10. Prostate-3T.
11. PROSTATE-DIAGNOSIS.
12. Prostate Fused-MRI-Pathology.
13. PROSTATE-MRI.
14. Prostate-MRI- (TR)US-Biopsy.
15. SPIE-AAPM-NCI PROSTATEx Challenges.
16. TCGA-PRAD.
17. QIN-PROSTATE.
18. QIN-PROSTATE-Repeatability.
19. QUBIQ21 Challenge.

Все они содержат результаты МРТ малого таза пациентов мужского пола, преимущественно старше 60 лет. Общее количество включенных клинических случаев составляет 3913, все они собраны из архивов медицинских организаций стран Европы и США в период 2001–2023 гг. Здесь сразу обращает на себя внимание резкий популяционный дисбаланс; он ставит под сомнение воспроизводимость результатов работы алгоритмов ИИ, разработанных на соответствующих данных.

Для каждого набора данных его авторы определили медицинскую задачу. В 42,0 % (8) случаев таковой была «классификация болезни, детекция рака» (в том числе, один датасет позиционировался как предназначенный «для предоставления результатов бипараметрической МРТ в целях скрининга злокачественных новообразований»); по 2 раза встречались только соответствующие классификация или детекция. Еще в 32,0 % (6) случаев задачей была установлена сегментация предстательной железы (в 3 случаях – зон, в 2 – всей железы, в 1 – не определено). При-

мечательно, что один из этих случаев был дополнен задачей детекции рака. Интересно, что для набора данных «QIN-PROSTATE-Repeatability» ($n = 15$, сегментация зон и патологических признаков, без обогащения дополнительными данными), помимо задачи классификации болезни была заявлена проверка повторяемости измерений. Обращает на себя внимание отсутствие задач измерений. Разработчики наборов данных фокусируются на сложной проблематике диагностики, в том числе дифференциальной, в то время как автоматизация рутинной задачи морфометрии не рассматривается.

Если говорить непосредственно о методиках МРТ, то в 53,0 % (10) наборов данных включены исследования, выполненные на МР-томографе «3 Тесла», в 10,5 % (2) – «1,5 Тесла». В 26,0 % (5) датасетов использованы оба варианта, при этом преобладали исследования с устройств «3 Тесла». В двух случаях (10,5 %) эта характеристика не указана в описании датасета, что представляет собой грубую методическую ошибку. Среди моделей и брендов устройств практически в равной степени представлены все основные производители, лидирующие в этом сегменте медицинского оборудования. Нельзя говорить о преобладании какого-либо конкретного производителя или модели МР-томографа. Магнитно-резонансные исследования выполнены в 9 случаях с использованием только эндоректальной катушки; еще в 3 – с применением этого же устройства, а также фазированной решетки. Только разные варианты фазированной решетки использованы в 6 случаях. В табл. 1 представлены сводные данные о протоколах выполнения МРТ, результаты которых были включены в анализируемые наборы данных.

Примечательно, что набор данных «FastMRI Prostate» ($n = 312$), помимо реконструированных изображений и срезов, включал «сырые» данные К-пространства. К тому же это единственный датасет с результатами бипараметрического МРТ, предназначенного для скрининга рака предстательной железы.

Результаты МРТ были представлены в формате DICOM в 74,0 % (14) наборов данных. Трижды использован открытый формат NIFTI. По одному разу использованы формат ITK MetaImage (MHA и MHD). Среди дополнительных данных наблюдалось большое разнообразие форматов, что говорило о полном отсутствии каких бы то ни было стандартов. Разметка (сегментация) чаще всего предоставлялась в формате NIFTI.

Таблица 1

Протоколы выполнения МРТ малого таза (мужчины), результаты которых включены в наборы данных для создания и тестирования технологий ИИ

Протокол исследования	Количество	
	Абс.	%
axial T2W	5	26,0
(tripplanar T2W) + (DWI, ADC) + (PDW)	3	16,0
axial T2W, ADC, DWI, DCE	3	16,0
tripplanar T2W, DWI, pre-contrast T1W, DCE	2	11,0
axial T2W, DWI, pre-contrast T1W, DCE, ADC	2	10,5
(axial T2W, ADC) + (DWI)	2	10,5
axial T2W, TSE, EPI-DWI	1	5,0
axial and coronal T2W, DWI, pre-contrast T1W, DCE	1	5,0
Bcero	19	100,0

Примечание: составлено авторами.

Как было сказано выше, общее количество МР-исследований, доступных в публичных датасетах, составляет 3913 единиц. Вместе с тем их число в каждом наборе данных колеблется в очень значительном диапазоне: от 10 до 1500 единиц; при этом медиана составляет 64, а значения первого и третьего квартилей – 24 и 185,5 соответственно. Это означает, что 25,0 % датасетов имеют сверхмалое количество включенных исследований (менее 24); соответственно только 6 (32,0 %) наборов данных содержат более 100 исследований. К таковым относятся: Prostate158 ($n = 139$), MRI-FIRST Database-CAD-FIRST study ($n = 232$), FastMRI Prostate ($n = 312$), SPIE-AAPM-NCI PROSTATEx Challenges ($n = 346$), Prostate-MRI-US-Biopsy ($n = 842$), PI-CAI Challenge ($n = 1500$).

Обогащенные наборы данных встречаются нечасто – 42,0 % (8) случаев. Результаты МРТ могут дополняться как другими диагностическими изображениями, так и текстовыми данными. Если говорить об изображениях, то в двух случаях МРТ были дополнены патогистологическими изображениями (в одном датасете для 100,0 % включенных кейсов, в другом – для 57,0 %). В одном случае 10 МРТ дополнены результатами 4 компьютерных томографий, 3 ПЭТ, 14 патогистологических и 14 геномных исследований. Из числа обогащенных наборов данных только один содержит более 100 МР-исследований (Prostate-MRI-US-Biopsy); он дополнен результатами 1151 ультразвукового исследования. Пожалуй, в этом случае будет возможно назвать его УЗ-датасетом, обогащенным результатами МР-исследований.

Среди дополнительной текстовой информации лидировали балл по шкале Глисона – в 26,0 % (5) датасетов, локализация очага и уровень простатического специфического антигена (ПСА) – в 16,0 % (3). Однократно МР-изображения были дополнены текстовыми данными с результатами биопсии и оценкой по системе PI-RADS.

Три набора данных помимо МР-изображений целевого органа содержали только текстовую информацию:

- описания МРТ, результаты биопсии, схему лечения;
- локализацию очага, указание на значимость/незначимость онкопроцесса, балл по шкале Глисона;
- возраст, уровень и плотность ПСА, балл по шкале Глисона, объем предстательной железы, патогистологический тип опухоли.

Примечательно, что последний из перечисленных наборов данных – это «PI-CAI Challenge», содержащий наибольшее число МР-исследований ($n = 1500$), причем с наиболее качественной разметкой (сегментация патологии выполнена в 1295 случаях).

Представляет особый интерес набор данных «Prostate-MRI- (TR)US-Biopsy», который для 842 включенных МР-исследований содержал 840 оценок по PI-RADS, 196 оценок по шкале Глисона, 1150 текстовых указаний на локализацию очага и объем предстательной железы, а также результаты 1146 измерений ПСА. В этом случае текстовую информацию можно считать не обогащением, а полноценной разметкой [12].

Разметка в виде сегментации присутствует в 58,0 % (11) наборов данных. Отметим, что три датасета с количеством МР-исследований больше 100 содержат такую разметку:

– Prostate158 ($n = 139$) – 139 случаев сегментации зон предстательной железы и 83 патологических признака;

– Prostate-MRI- (TR)US-Biopsy ($n = 842$) – 1150 случаев сегментации предстательной железы и патологических признаков;

– PI-CAI Challenge ($n = 1500$) – 1295 случаев сегментации патологических признаков.

Сегментация железы и/или ее зон выполнена в 26,0 % (5) наборах данных, однако в двух случаях размечены не все МР-исследования, включенные в набор. Семенные пузырьки и сосудисто-нервный пучок сегментированы в двух датасетах, причем в одном из них (PROSTATE-DIAGNOSIS) еще размечены зоны железы и патологические признаки. К сожалению, из 92 включенных случаев МР-исследований только 15 содержат указанную сегментацию и только 5 – разметку очагов и зон. Один набор данных содержит сегментацию зон и патологических признаков для всех 15 включенных случаев. В целом репрезентативность представленных данных можно характеризовать как низкую. Крайне малое количество результатов МР-исследований с размеченной патологией ставит под сомнение возможность разработки действительно точного ИИ-сервиса, который смог бы работать в многоцентровом режиме.

Важный вопрос – использование наборов данных, размещаемых в открытом доступе. Очевидно, что чем она выше, тем также выше качество и репрезентативность конкретного датасета.

Более половины перечисленных выше наборов данных применялись для различных соревнований разработчиков ИИ; более того, они и создавались именно в таких целях, для каждого конкретного соревнования. Вместе с тем считать это надежной валидацией качества набора данных нельзя, так как у разработчиков фактически нет альтернативы, кроме как использовать предложенный по условиям конкурса датасет.

Куда более примечательно, если набор данных используется независимыми коллективами для разработки и тестирования собственных разработок, в том числе совместно с иными датасетами. В таких случаях группа исследователей выбирает некий набор данных, соответствующие предпочтения можно условно считать одним из критериев качества.

Обычно в целях разработки объем выборки в 100 клинических случаях рассматривается как некая «нижняя граница» психологически допустимого диапазона. Исходя из этой логики, рассмотрены 6 наборов данных, содержащих более 100 клинических случаев. Исходные статьи с методикой формирования и описанием обнаружены для 5 из них (исключение составил Prostate-MRI- (TR)US-Biopsy, $n = 842$). Для двух наборов данных отсутствовали публикации о валидации или применении (FastMRI Prostate, $n = 312$, MRI-FIRST Database-CAD-FIRST study, $n = 232$) [13, 14]. Соответственно, полноценное освещение в научных журналах имели только 3 (16,0 %) набора данных МРТ предстательной железы.

Для датасета «Prostate158» опубликовано исходное описание [15], а в трех независимых статьях он использован для обучения и тестирования алгоритмов ИИ [16–18]. Аналогичная ситуация отмечается для «PI-CAI Challenge» [19], который применен

в 6 публикациях независимых авторов. Однако самым популярным и хорошо изученным, несомненно, является датасет «SPIE-AAPM-NCI PROSTATEx Challenges» ($n = 346$). Он поэтапно формировался в период 2014–2018 гг. [20, 21]. Затем использован в конкурсе и в многочисленных разработках. Всего он цитируется в более чем 30 научных статьях, опубликованных в рецензируемых журналах. Особо примечательным является факт независимого контроля его качества. В 2021 г. научный коллектив провел оценку как самих включенных исследований, так и разметки [22]. Примечательно, что в 2024 г. также независимый коллектив дополнил 200 случаев из этого датасета «ручной» сегментацией анатомических зон и уретры. Причем сегментация выполнялась поочередно двумя экспертами, а результаты синхронизировались [23].

На основе разработанной ранее оригинальной методологии по созданию наборов данных [11] и исходя из результатов приведенного выше анализа сформированы основные характеристики набора данных с результатами МРТ предстательной железы:

1. Целеполагание. С учетом актуальности задач, решаемых врачом-рентгенологом при описании результатов целевого исследования, а также для повышения производительности труда и качества описаний установлена основная цель:

- тестирование и мониторинг качества работы ИИ-сервисов для морфометрии предстательной железы на результатах МРТ;

- морфометрия в виде определения вертикального, переднезаднего (сагиттального) и фронтального (поперечного) размеров предстательной железы в миллиметрах относительно оси органа (уретры).

2. Популяция: мужчины старше 18 лет.

3. Исследование: МРТ малого таза (предстательной железы) в амбулаторных условиях.

4. Протокол исследования. Предполагается выполнение исследования по протоколу, включающему:

- напряженность магнитного поля 1,5 Тесла;
- без контрастного усиления (нативное);
- толщина среза < 5 мм;
- проекции сагиттальная, аксиальная и фронтальная;

- T2W (на основе импульсной последовательности Turbo Spin Echo (TSE)) аксиальная и сагиттальная;
- T1W (на основе импульсной последовательности TSE);

- Диффузионно-взвешенные изображения (DWI) с подавлением сигнала жировой ткани, с построением на их основе карт измеряемого коэффициента диффузии (ADC);

- динамическое контрастное усиление (DCE);
- Ioc (локаторы).

5. Критерии исключения:

- демографические;
- двигательные артефакты, артефакты от инородных объектов на уровне исследования;

- технические дефекты (отсутствие T2 сагиттальной и аксиальной серий в исследовании; анатомическая область исследования, отличающаяся от малого таза; исследования выполненные по протоколам сканирования, отличающиеся от стандартных протоколов; технические артефакты исследования, которые не относятся к пациенту; данные вне формата DICOM 3.0).

6. Методология разметки [11]:

- отбор осуществлялся по типу исследования в ЕРИС ЕМИАС;

- тип разметки мультитейбл;

- характер разметки регрессионный.

7. Формат данных: изображения – DICOM 3.0; результат разметки – с учетом морфометрического характера датасета оптимально представление результатов разметки в виде электронной таблицы.

8. Количество и состав:

- с учетом описательной статистики количества исследований в публичных наборах данных и руководствуясь оригинальными подходами к определению размера выборки датасета [24] установлен оптимальным объем в 200 случаях;

- соотношение случаев «норма – патология» не применимо.

9. Внешняя валидация. Для обеспечения возможности независимой внешней оценки качества предусмотрено размещение датасета в открытом доступе в библиотеке наборов данных <https://mosmed.ai/datasets/>.

На основе представленных характеристик создан набор данных «MosMedData MPT малого таза с морфометрическими показателями предстательной железы». Он представляет собой структурированный набор из двухсот деперсонализированных результатов мультипараметрических магнитно-резонансных исследований взрослых мужчин, с наличием морфометрической разметки (вертикальный, передне-задний и фронтальный размеры предстательной железы в миллиметрах относительно оси органа). Изображения представлены в формате DICOM 3.0, разметка – в виде файла в формате XLSX [25].

Набор данных планируется к применению для калибровочного тестирования ИИ-сервисов в соответствии с процедурами, предусмотренными нормативным обеспечением «Эксперимента по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и дальнейшего применения этих технологий в системе здравоохранения» (далее – Московский Эксперимент). По истечении 6 месяцев такого применения планируется размещение набора данных в открытой библиотеке для внешней валидации.

Проблематика применения технологий ИИ при анализе результатов лучевых исследований малого таза в научных публикациях рассматривается ограничено. Несомненными лидерами интереса разработчиков и ученых являются исследования органов грудной клетки, молочной железы, головного мозга и челюстно-лицевой области. Фактически почти половина исследований в области ИИ для лучевой диагностики посвящена скринингу и диагностике онкологических заболеваний [26]. На этом фоне ЗНО предстательной железы вносят незначительный вклад в структуру научных исследований.

Указанную ситуацию наглядно подчеркивает анализ опыта создания наборов данных с результатами МРТ предстательной железы (малого таза у мужчин).

Выявлено относительно малое количество наборов данных, во всяком случае, представленных публично. В них неравномерно представлены популяции, фактически отсутствуют представители стран Азии, Африки, большей части Европы, Австралии. Все

наборы данных сфокусированы на дифференциальной диагностике, т.к. содержат сегментацию целевого органа и разметку очагов. При этом практически полностью отсутствует морфометрия, то есть отсутствует возможность разработки ИИ для повышения производительности и точности труда врача-рентгенолога при описании результатов исследований. Вместе с тем положительной оценки, несомненно, заслуживает обогащение диагностической визуализации клиническими данными. Это создает возможности для развития, в том числе радиомики, мульти-модального ИИ, обучения алгоритмов «включению» в анализ анамнестических сведений. Исходя из накопленного опыта также представляется возможным стандартизировать некоторые характеристики наборов данных, преимущественно в части протоколов МР-исследований и форматов представления их результатов. Вместе с тем есть определенные проблемы в плане стандартизации дополнительно предоставляемых клинических данных. Довольно часто они отличаются высокой гетерогенностью: например, в одних датасетах используются результаты патоморфологических исследований после радикальной простатэктомии, в других – после биопсии (причем методики самой биопсии тоже часто различаются). Исходя из сказанного, сформированные нами стандартизированные характеристики и набор данных на их основе отличаются новизной и значимостью с точки зрения создания возможностей для развития отдельной «ветви» решений на основе технологий ИИ для морфометрии результатов МР-исследований предстательной железы.

С учетом того, что наш набор данных ориентирован на морфометрию, в качестве референса мы использовали экспертную разметку по ранее разработанной методологии [11]. Относительно МРТ предстательной железы такой подход полностью согласуется с наиболее распространенными международными практиками, хотя и тоже имеет свои ограничения (зависимость от человеческого фактора) [10].

В статье Meglič и соавт. 2023 показано, что качество моделей ИИ для сегментации предстательной железы на результатах МРТ статистически значимо ($p < 0,001$) выше, если для обучения и тестирования модели использовался один и тот же набор данных. Положительная оценка авторами этого тезиса вызывает определенное удивление [27]. Известно, что работа алгоритма на одном датасете отличается более высокой точностью, при этом при попытке масштабировать внедрение алгоритма на «новые» данные всегда сопровождается падением точности [9]. В итоге получить идеально работающий в лабораторных условиях алгоритм можно, а качественный продукт, тем более претендующий на статус медицинского изделия, нельзя. В связи с этим важно отметить, что во многих публично доступных датасетах МРТ предстательной железы имеет место дублирование дан-

ных; то есть часть изображений и клинических данных одного набора также используются в другом [10]. Это является фактором, резко снижающим точность и значимость внешней валидации, так как возможна ситуация (в том числе непредумышленная), когда алгоритм будет протестирован на тех же данных, которые были использованы для обучения. Наш набор данных отличается полной оригинальностью включенных клинических случаев, он сфокусирован именно на тестировании алгоритмов ИИ на этапах жизненного цикла создания продукта. Именно для обучения разработчики могут применять свой собственный датасет, а для внешней валидации – использовать наш для проверки своего алгоритма на «новых» данных.

Несмотря на ограниченный интерес, тем не менее разработка алгоритмов для сегментации предстательной железы на результатах МРТ в мире ведется. В настоящее время опубликовано не менее 42 таких разработок, примечательно, что 93,0% из них имеют довольно высокую точность (коэффициент Дайса – Соренсена равен или выше 0,86). Среднее значение точности по указанному коэффициенту для периферической зоны составляет $0,79 \pm 0,06$, для переходной – $0,87 \pm 0,05$, для всей железы – $0,90 \pm 0,04$. Наиболее крупные поставщики оборудования для МРТ интегрируют такие алгоритмы в состав своих автоматизированных рабочих мест. Такие алгоритмы отличаются довольно высокой точностью: коэффициент Дайса – Соренсена выше 0,91 [28]. Вместе с тем вопросы результативности и эффективности применения технологий ИИ при анализе и морфометрии результатов МРТ предстательной железы требуют дальнейших исследований.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе систематизации научных статей и собственного практического опыта обоснованы характеристики набора данных с результатами МРТ предстательной железы (мужского малого таза). Путем применения оригинальной методологии создан соответствующий датасет.

Актуальность и значимость разработки обусловлена тем, что набор данных содержит результаты морфометрии предстательной железы, а значит обеспечивает развитие решений на основе ИИ для автоматизации измерений, повышения производительности и точности работы врача-рентгенолога.

Внедрение набора данных осуществлено в рамках процедур Московского Эксперимента для калибровочного тестирования программного обеспечения на основе технологий искусственного интеллекта.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

REFERENCES

1. Злокачественные новообразования в России в 2023 году (заболеваемость и смертность) / под ред. А. Д. Каприна, В. В. Старинского, А. О. Шахзадовой. М.: МНИОИ им. П. А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2024. 276 с.
2. Bergengren O., Pekala K. R., Matsoukas K. et al. 2022 Update on prostate cancer epidemiology and risk factors – A systematic review // *European urology*. 2023. Vol. 84, no. 2. P. 191–206. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2023.04.021>.
3. Состояние онкологической помощи населению России в 2023 году / под ред. А. Д. Каприна, В. В. Старинского, А. О. Шахзадовой. М.: МНИОИ им. П. А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России, 2024. 262 с.
4. Fazekas T., Shim S. R., Basile G. et al. Magnetic resonance imaging in prostate cancer screening: A systematic review and meta-analysis // *JAMA Oncology*. 2024. Vol. 10, no. 6. P. 745–754. <https://doi.org/10.1001/jamaoncol.2024.0734>.
5. Wang Y., Wu Y., Zhu M. et al. The diagnostic performance of tumor stage on MRI for predicting prostate cancer-positive surgical margins: A systematic review and meta-analysis // *Diagnostics (Basel)*. 2023. Vol. 13, no. 15. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13152>.
6. Васильев Ю. А., Омельянская О. В., Владимирский А. В. и др. Сравнение мультипараметрического и бипараметрического протоколов магнитно-резонансной томографии для выявления рака предстательной железы рентгенологами с различным опытом // *Digital Diagnostics*. 2023. Т. 4, № 4. С. 455–466. <https://doi.org/10.17816/DD322816>.
7. Alqahtani S. Systematic review of AI-Assisted MRI in prostate cancer diagnosis: Enhancing accuracy through second opinion tools // *Diagnostics (Basel)*. 2024. Vol. 14, no. 22. <https://doi.org/10.3390/diagnostics14222576>.
8. Reinhardt C., Briody H., MacMahon P. J. AI-accelerated prostate MRI: a systematic review // *British Journal of Radiology*. 2024. Vol. 97, no. 1159. P. 1234–1242. <https://doi.org/10.1093/bjr/tqae093>.
9. Владимирский А. В., Васильев Ю. А., Арзамасов К. М. и др. Компьютерное зрение в лучевой диагностике: первый этап Московского эксперимента : моногр. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ООО «Издательские решения», 2023. 388 с.
10. Sunoqrot M. R. S., Saha A., Hosseinzadeh M. et al. Artificial intelligence for prostate MRI: Open datasets, available applications, and grand challenges // *European Radiology Experimental*. 2022. Vol. 6. <https://doi.org/10.1186/s41747-022-00288-8>.
11. Бобровская Т. М., Васильев Ю. А., Никитин Н. Ю. и др. Подходы к формированию наборов данных в лучевой диагностике // *Врач и информационные технологии*. 2023. № 4. С. 14–23. https://doi.org/10.25881/18110193_2023_4_14.
12. Wu M., He X., Li F. et al. Weakly supervised volumetric prostate registration for MRI-TRUS image driven by signed distance map // *Computers in biology and medicine*. 2023. Vol. 163. <https://doi.org/10.1016/j.compbimed.2023.107150>.
13. Couchoux T., Jaouen T., Melodelima-Gonindard C. et al. Performance of a Region of Interest-based Algorithm in Diagnosing International Society of Urological Pathology Grade Group ≥ 2 Prostate Cancer on the MRI-FIRST Database-CAD-FIRST Study // *European Urology Oncology*. 2024. Vol. 7, no. 5. P. 1113–1122. <https://doi.org/10.1016/j.euo.2024.03.003>.
14. Tibrewala R., Dutt T., Tong A. et al. FastMRI Prostate: A public, biparametric MRI dataset to advance machine learning for prostate cancer imaging // *Scientific data*. 2024. Vol. 11. <https://doi.org/10.1038/s41597-024-03252-w>.
15. Adams L. C., Makowski M. R., Engel G. et al. Prostate158 – An expert-annotated 3T MRI dataset and algorithm for prostate
1. Zlokachestvennyye novoobrazovaniya v Rossii v 2023 godu (zabolevaemost i smertnost). Kaprin A. D., Starinsky V. V., Shakhzadova A. O., eds. Moscow: Moscow Oncology Institute of Hertsen FMRC MH RF; 2024. 276 p. (In Russ.).
2. Bergengren O., Pekala K. R., Matsoukas K. et al. 2022 Update on Prostate Cancer Epidemiology and Risk Factors – A Systematic Review. *European urology*. 2023;84(2):191–206. <https://doi.org/10.1016/j.eururo.2023.04.021>.
3. Sostoyanie onkologicheskoy pomoshchi naseleniyu Rossii v 2023 godu. Kaprin A. D., Starinsky V. V., Shakhzadova A. O., eds. Moscow: Moscow Oncology Institute of Hertsen FMRC MH RF; 2024. 262 p. (In Russ.).
4. Fazekas T., Shim S. R., Basile G. et al. Magnetic resonance imaging in prostate cancer screening: A systematic review and meta-analysis. *JAMA Oncology*. 2024;10(6):745–754. <https://doi.org/10.1001/jamaoncol.2024.0734>.
5. Wang Y., Wu Y., Zhu M. et al. The diagnostic performance of tumor stage on MRI for predicting prostate cancer-positive surgical margins: A systematic review and meta-analysis. *Diagnostics (Basel)*. 2023;13(15). <https://doi.org/10.3390/diagnostics13152>.
6. Vasiliev Y. A., Omelyanskaya O. V., Vladymyrsky A. V. et al. Comparison of multiparametric and biparametric magnetic resonance imaging protocols for prostate cancer diagnosis by radiologists with different experience. *Digital Diagnostics*. 2023;4(4):455–466. <https://doi.org/10.17816/DD322816>.
7. Alqahtani S. Systematic review of AI-Assisted MRI in prostate cancer diagnosis: Enhancing accuracy through second opinion tools. *Diagnostics (Basel)*. 2024;14(22). <https://doi.org/10.3390/diagnostics14222576>.
8. Reinhardt C., Briody H., MacMahon P. J. AI-accelerated prostate MRI: A systematic review. *British Journal of Radiology*. 2024;97(1159):1234–1242. <https://doi.org/10.1093/bjr/tqae093>.
9. Vladymyrsky A. V., Vasiliev Yu. A., Arzamasov K. M. et al. Kompyuternoe zrenie v luchevoj diagnostike: pervyi etap Moskovskogo eksperimenta. Monograph. 2nd rev. ed. Moscow: Izdatelskie resheniya; 2023. 388 p. (In Russ.).
10. Sunoqrot M. R. S., Saha A., Hosseinzadeh M. et al. Artificial intelligence for prostate MRI: Open datasets, available applications, and grand challenges. *European Radiology Experimental*. 2022;6. <https://doi.org/10.1186/s41747-022-00288-8>.
11. Bobrovskaya T. M., Vasiliev Yu. A., Nikitin N. Yu. et al. Approaches to building radiology datasets. *Medical Doctor and IT*. 2023;(4):14–23. https://doi.org/10.25881/18110193_2023_4_14.
12. Wu M., He X., Li F. et al. Weakly supervised volumetric prostate registration for MRI-TRUS image driven by signed distance map. *Computers in biology and medicine*. 2023;163. <https://doi.org/10.1016/j.compbimed.2023.107150>.
13. Couchoux T., Jaouen T., Melodelima-Gonindard C. et al. Performance of a Region of Interest-based Algorithm in Diagnosing International Society of Urological Pathology Grade Group ≥ 2 Prostate Cancer on the MRI-FIRST Database-CAD-FIRST Study. *European Urology Oncology*. 2024;7(5):1113–1122. <https://doi.org/10.1016/j.euo.2024.03.003>.
14. Tibrewala R., Dutt T., Tong A. et al. FastMRI Prostate: A public, biparametric MRI dataset to advance machine learning for prostate cancer imaging. *Scientific data*. 2024;11. <https://doi.org/10.1038/s41597-024-03252-w>.
15. Adams L. C., Makowski M. R., Engel G. et al. Prostate158 – An expert-annotated 3T MRI dataset and algorithm for prostate cancer detection. *Computers in biology and medicine*. 2022;148. <https://doi.org/10.1016/j.compbimed.2022.105817>.
16. Kou W., Marshall H., Chiu B. Boundary-aware semantic clustering network for segmentation of prostate zones from T2-weighted

- cancer detection // *Computers in biology and medicine*. 2022. Vol. 148. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2022.105817>.
16. Kou W., Marshall H., Chiu B. Boundary-aware semantic clustering network for segmentation of prostate zones from T2-weighted MRI // *Physics in Medicine & Biology*. 2024. Vol. 69, no. 17. <https://doi.org/10.1088/1361-6560/ad6ace>.
 17. Li W., Zheng B., Shen Q. et al. Adaptive window adjustment with boundary DoU loss for cascade segmentation of anatomy and lesions in prostate cancer using bpMRI // *Neural Networks*. 2025. Vol. 181. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2024.106831>.
 18. Shen Q., Zheng B., Li W. et al. MixUNETR: A U-shaped network based on W-MSA and depth-wise convolution with channel and spatial interactions for zonal prostate segmentation in MRI // *Neural Networks*. 2025. Vol. 181. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2024.106782>.
 19. Saha A., Bosma J. S., Twilt J. J. et al. Artificial intelligence and radiologists in prostate cancer detection on MRI (PI-CAL): An international, paired, non-inferiority, confirmatory study // *The Lancet. Oncology*. 2024. Vol. 25, no. 7. P. 879–887. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(24\)00220-1](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(24)00220-1).
 20. Litjens G., Debats O., Barentsz J. et al. Computer-aided detection of prostate cancer in MRI // *IEEE Transactions on Medical Imaging*. 2014. Vol. 33, no. 5. P. 1083–1092. <https://doi.org/10.1109/TMI.2014.2303821>.
 21. Armato S. G., Huisman H., Drukker K. et al. PROSTATEx Challenges for computerized classification of prostate lesions from multiparametric magnetic resonance images // *Journal of Medical Imaging*. 2018. Vol. 5, no. 4. <https://doi.org/10.1117/1.JMI.5.4.044501>.
 22. Cuocolo R., Stanzione A., Castaldo A. et al. Quality control and whole-gland, zonal and lesion annotations for the PROSTATEx challenge public dataset // *European Journal of Radiology*. 2021. Vol. 138. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2021.109647>.
 23. Holmlund W., Simkó A., Söderkvist K. et al. ProstateZones – Segmentations of the prostatic zones and urethra for the PROSTATEx dataset // *Scientific Data*. 2024. Vol. 11. <https://doi.org/10.1038/s41597-024-03945-2>.
 24. Четвериков С. Ф., Арзамасов К. М., Андрейченко А. Е. и др. Подходы к формированию выборки для контроля качества работы систем искусственного интеллекта в медико-биологических исследованиях // *Современные технологии в медицине*. 2023. Т. 15, № 2. С. 19–27. <https://doi.org/10.17691/stm2023.15.2.02>.
 25. Васильев Ю. А., Насибян Н. М., Владзимирский А. В. и др. MosMedData: MPT малого таза с морфометрическими показателями предстательной железы : патент 2025620045 Рос. Федерация № 2024626323 ; заявл. 20.12.2024 ; опубл. 10.01.2025. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_80278348_87320077.PDF (дата обращения: 10.04.2025).
 26. Васильев Ю. А., Владзимирский А. В., Омелянская О. В. и др. Обзор метаанализов о применении искусственного интеллекта в лучевой диагностике // *Медицинская визуализация*. 2024. Т. 28, № 3. С. 22–41. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1425>.
 27. Meglič J., Sunoqrot M. R. S., Bathen T. F. et al. Label-set impact on deep learning-based prostate segmentation on MRI // *Insights into imaging*. 2023. Vol. 14. <https://doi.org/10.1186/s13244-023-01502-w>.
 28. Fassia M.-K., Balasubramanian A., Woo S. et al. Deep learning prostate MRI segmentation accuracy and robustness: A systematic review // *Radiology: Artificial intelligence*. 2024. Vol. 6, no. 4. <https://doi.org/10.1148/ryai.230138>.
 - MRI. *Physics in Medicine & Biology*. 2024;69(17). <https://doi.org/10.1088/1361-6560/ad6ace>.
 17. Li W., Zheng B., Shen Q. et al. Adaptive window adjustment with boundary DoU loss for cascade segmentation of anatomy and lesions in prostate cancer using bpMRI. *Neural Networks*. 2025;181. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2024.106831>.
 18. Shen Q., Zheng B., Li W. et al. MixUNETR: A U-shaped network based on W-MSA and depth-wise convolution with channel and spatial interactions for zonal prostate segmentation in MRI. *Neural Networks*. 2025;181. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2024.106782>.
 19. Saha A., Bosma J. S., Twilt J. J. et al. Artificial intelligence and radiologists in prostate cancer detection on MRI (PI-CAL): an international, paired, non-inferiority, confirmatory study. *The Lancet. Oncology*. 2024;25(7):879–887. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(24\)00220-1](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(24)00220-1).
 20. Litjens G., Debats O., Barentsz J. et al. Computer-aided detection of prostate cancer in MRI. *IEEE Transactions on Medical Imaging*. 2014;33(5):1083–1092. <https://doi.org/10.1109/TMI.2014.2303821>.
 21. Armato S. G., Huisman H., Drukker K. et al. PROSTATEx Challenges for computerized classification of prostate lesions from multiparametric magnetic resonance images. *Journal of Medical Imaging*. 2018;5(4). <https://doi.org/10.1117/1.JMI.5.4.044501>.
 22. Cuocolo R., Stanzione A., Castaldo A. et al. Quality control and whole-gland, zonal and lesion annotations for the PROSTATEx challenge public dataset. *European Journal of Radiology*. 2021;138. <https://doi.org/10.1016/j.ejrad.2021.109647>.
 23. Holmlund W., Simkó A., Söderkvist K. et al. ProstateZones – Segmentations of the prostatic zones and urethra for the PROSTATEx dataset. *Scientific Data*. 2024;11. <https://doi.org/10.1038/s41597-024-03945-2>.
 24. Четвериков С. Ф., Арзамасов К. М., Андрейченко А. Е. et al. Approaches to sampling for quality control of artificial intelligence in biomedical research. *Sovremennye tehnologii v medicine*. 2023;15(2):19–27. <https://doi.org/10.17691/stm2023.15.2.02>. (In Russ.).
 25. Vasiliev Yu. A., Nasibian N. M., Vladzymirskyy A. V. et al. MosMedData: MRI of the pelvis with morphometric parameters of the prostate gland: RU patent 2025620045 No. 2024626323, filed December 20, 2024, issued January 10, 2025. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_80278348_87320077.PDF (accessed: 10.04.2025). (In Russ.).
 26. Vasilev Yu. A., Vladzimirskyy A. V., Omelyanskaya O. V. et al. Review of meta-analyses on the use of artificial intelligence in radiology. *Medical Visualization*. 2024;28(3):22–41. <https://doi.org/10.24835/1607-0763-1425>. (In Russ.).
 27. Meglič J., Sunoqrot M. R. S., Bathen T. F. et al. Label-set impact on deep learning-based prostate segmentation on MRI. *Insights into imaging*. 2023;14. <https://doi.org/10.1186/s13244-023-01502-w>.
 28. Fassia M.-K., Balasubramanian A., Woo S. et al. Deep learning prostate MRI segmentation accuracy and robustness: A systematic review. *Radiology: Artificial Intelligence*. 2024;6(4). <https://doi.org/10.1148/ryai.230138>.

Информация об авторах

Н. М. Насибян – аспирант, врач-рентгенолог;

<https://orcid.org/0009-0004-4620-6204>,

nelli-nasibyan94@yandex.ru✉

Т. М. Бобровская – младший научный сотрудник;

<https://orcid.org/0000-0002-2746-7554>,

bobrovskayatm@zdrav.mos.ru

А. В. Владзимирский – доктор медицинских наук, заместитель директора по научной работе;

<https://orcid.org/0000-0002-2990-7736>,

vladzimirskijav@zdrav.mos.ru

About the authors

N. M. Nasibian – Postgraduate, Radiologist;

<https://orcid.org/0009-0004-4620-6204>,

nelli-nasibyan94@yandex.ru✉

T. M. Bobrovskaya – Junior Researcher;

<https://orcid.org/0000-0002-2746-7554>,

bobrovskayatm@zdrav.mos.ru

A. V. Vladzimirskyy – Doctor of Sciences (Medicine), Deputy Head of the Research Work Department;

<https://orcid.org/0000-0002-2990-7736>,

vladzimirskijav@zdrav.mos.ru