

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD631519>

EDN: FDMNZG

Автоматизированное рабочее место врача-рентгенолога: сравнение двух подходов к применению программного обеспечения для анализа лучевых исследований (технический отчёт)

Ю.А. Васильев^{1,2}, Е.А. Славущева¹, М.А. Зеленова¹, И.М. Шулькин¹, К.М. Арзамасов^{1,3}¹ Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий, Москва, Россия;² Национальный медико-хирургический Центр имени Н.И. Пирогова, Москва, Россия;³ МИРЭА — Российский технологический университет, Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Обследование большого количества пациентов формирует огромные массивы данных о различных заболеваниях, обработка которых вручную практически невозможна. В связи с этим на автоматизированных рабочих местах врачей-рентгенологов внедряют системы поддержки принятия врачебных решений, обеспечивающие анализ медицинских изображений. В настоящее время используют два наиболее распространённых подхода: встроенное вендор-зависимое и вендор-независимое программные обеспечения, которые обладают широким функционалом. Однако они имеют свои преимущества и ограничения. Таким образом, выбор оптимальной системы поддержки принятия врачебных решений осуществляется на уровне медицинской организации.

Цель работы. Сравнить два подхода к применению программного обеспечения для анализа лучевых исследований в условиях автоматизированного рабочего места врача-рентгенолога на примере Москвы.

Методы. Дизайн работы: двухэтапное одномоментное опросное исследование. Работа проведена в период с сентября 2023 г. по март 2024 г. Данные о вендор-независимом программном обеспечении получены от участников эксперимента по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и дальнейшего применения в системе здравоохранения Москвы, а информация о вендор-зависимых решениях агрегирована с сайтов компаний-производителей. Для определения актуальности функций программных обеспечений проводили опрос среди 40 специалистов центра.

Результаты. Число функций, доступных на момент выполнения работы, у вендор-независимого программного обеспечения было несколько больше, чем у вендор-зависимого. Наибольшие различия в функционале отмечали для модальностей «Компьютерная томография» и «Магнитно-резонансная томография», тогда как для «Рентгенографии» и «Маммографии» наблюдали практически полное совпадение возможностей. Опрос врачей-рентгенологов показал, что из 17 функций встроенного вендор-зависимого программного обеспечения 6 не имеют аналогов в вендор-независимом. Однако их востребованность отмечена менее чем у 40% специалистов, тогда как совпадающие функции актуальны для более чем 50% врачей.

Заключение. Только половина функций встроенного вендор-зависимого и вендор-независимого программных обеспечений совпадают. Именно поэтому их выбор для конкретной медицинской организации целесообразно осуществлять исходя из её профиля и потребностей рентгенологов. При этом около 2/3 функций, используемых рентгенологами Москвы во встроенном вендор-зависимом программном обеспечении, могут быть реализованы с помощью вендор-независимого. Таким образом, вопрос выбора программного обеспечения следует рассматривать с учётом уровня развития инфраструктуры и экономической целесообразности.

Ключевые слова: лучевая диагностика; рентгенологическая информационная система; система архивирования и передачи изображений; автоматизированное рабочее место врача-рентгенолога; искусственный интеллект; технический отчёт.

Как цитировать:

Васильев Ю.А., Славущева Е.А., Зеленова М.А., Шулькин И.М., Арзамасов К.М. Автоматизированное рабочее место врача-рентгенолога: сравнение двух подходов к применению программного обеспечения для анализа лучевых исследований (технический отчёт) // Digital Diagnostics. 2025. Т. 6, № 3. С. 477–486. DOI: 10.17816/DD631519 EDN: FDMNZG

Рукопись получена: 02.05.2024

Рукопись одобрена: 20.03.2025

Опубликована online: 14.10.2025

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD631519>

EDN: FDMNZG

Automated Radiology Workstation: Comparing Two Approaches for Selecting Radiodiagnostic Solutions (Technical Report)

Yuriy A. Vasilev^{1,2}, Ekaterina A. Slavushcheva¹, Maria A. Zelenova¹, Igor M. Shulkin¹, Kirill M. Arzamasov^{1,3}

¹ Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russia;

² National Medical and Surgical Center named after N.I. Pirogov, Moscow, Russia;

³ MIREA — Russian Technological University, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Patient examinations generate large amounts of data on various diseases, which are virtually impossible to process manually. Currently, automated radiology workstations incorporate clinical decision–support systems that facilitate image analysis. At present, two options are used: built-in vendor-dependent and vendor-independent software solutions. Both have broad functionality, but they also have their advantages and drawbacks. Therefore, the choice of the best clinical decision–support system depends on the healthcare organization.

AIM: This study aimed to compare two approaches for selecting radiodiagnostic solutions for automated radiology workstations in Moscow.

METHODS: The study conducted a two-stage, cross-sectional survey between September 2023 and March 2024. Data on vendor-independent software were obtained from participants of the Experiment on the use of innovative computer vision technologies for analysis of medical images in the Moscow healthcare system. Conversely, data on vendor-dependent solutions was collected from the manufacturers' websites. Furthermore, a survey of 40 radiologists was performed to evaluate the relevance of software functions.

RESULTS: At the time of the survey, the vendor-independent software demonstrated slightly more functions than the vendor-dependent solutions. The greatest differences were observed in the functionality of computed tomography and magnetic resonance imaging modalities, whereas the functionality for X-ray imaging and mammography was nearly identical. The survey of radiologists showed that 6 of 17 functions were unique to built-in vendor-dependent software. However, <40% of the radiologists actually needed these functions, whereas the shared functions were relevant for >50% of the respondents.

CONCLUSION: Vendor-independent and built-in vendor-dependent software solutions share only half of their functions. Thus, in choosing between these two options, healthcare facilities should consider their specialization and their radiologists' requests. Moreover, approximately two-thirds of the built-in vendor-dependent software functions used by radiologists in Moscow can be implemented using vendor-independent solutions. Therefore, the choice of software should be based on the facility's technical capacity and economic feasibility.

Keywords: radiodiagnosis; radiology information system; image archiving and transmission system; automated radiology workstation; artificial intelligence; technical report.

To cite this article:

Vasilev YuA, Slavushcheva EA, Zelenova MA, Shulkin IM, Arzamasov KM. Automated Radiology Workstation: Comparing Two Approaches for Selecting Radiodiagnostic Solutions (Technical Report). *Digital Diagnostics*. 2025;6(3):477–486. DOI: 10.17816/DD631519 EDN: FDMNZG

Submitted: 02.05.2024

Accepted: 20.03.2025

Published online: 14.10.2025

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD631519>

EDN: FDMNZG

放射科医生自动化工作站：两种影像分析软件应用方法的比较(技术报告)

Yuriy A. Vasilev^{1,2}, Ekaterina A. Slavushcheva¹, Maria A. Zelenova¹, Igor M. Shulkin¹,
Kirill M. Arzamasov^{1,3}

¹ Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies, Moscow, Russia;

² National Medical and Surgical Center named after N.I. Pirogov, Moscow, Russia;

³ MIREA — Russian Technological University, Moscow, Russia

摘要

论证：大量患者检查会产生庞大的疾病相关信息，目前已无法通过人工方式完成全部处理。为此，在放射科医生的自动化工作站中逐步引入临床决策支持系统，能够分析医学影像。目前主要存在两种常见方法：厂商依赖型（vendor-dependent）软件和厂商无关型（vendor-independent）软件。二者均具备广泛功能，但各有优势与局限。因此，医疗机构有权自主选择最为适用的临床决策支持系统。

目的：在莫斯科市为例，比较两种用于放射学检查分析的软件在放射科医生自动化工作站中的应用方法。

方法：研究于2024年开展。厂商无关型软件的数据来自于在莫斯科开展的计算机视觉创新技术试点项目的参与者，该项目旨在用于医学影像分析并进一步应用于莫斯科市的医疗体系；厂商依赖型软件的信息则汇总自生产企业的官方网站。为评估软件功能的实际相关性，对中心40名专家进行了问卷调查。

结果：在研究时点，厂商无关型软件的功能数量略多于厂商依赖型软件。功能差异主要集中在“计算机断层扫描”与“磁共振成像”模式；而在“X线摄影”和“乳腺摄影”模式中，两者功能几乎完全一致。放射科医生问卷调查结果显示，在厂商依赖型软件的17项功能中，有6项在厂商无关型软件中没有对应功能，但这些功能的相关性不足40%；而两者共有的功能则被超过50%的医生认为重要。

结论：厂商依赖型与厂商无关型软件仅有约一半功能重合。因此，医疗机构的软件选择应基于机构的专业方向以及放射科医生的具体功能需求。在莫斯科，放射科医生所使用的厂商依赖型软件中，约三分之二的功能可以由厂商无关型软件完成。因此，推荐在选择软件时综合考虑基础设施成熟度与经济可行性。

关键词：放射诊断学；放射信息系统；PACS；放射科医生工作站；人工智能；技术报告。

引用本文：

Vasilev YuA, Slavushcheva EA, Zelenova MA, Shulkin IM, Arzamasov KM. 放射科医生自动化工作站：两种影像分析软件应用方法的比较(技术报告). *Digital Diagnostics*. 2025;6(3):477–486. DOI: 10.17816/DD631519 EDN: FDMNZG

收到: 02.05.2024

接受: 20.03.2025

发布日期: 14.10.2025

ОБОСНОВАНИЕ

Современную медицинскую практику невозможно представить без информационных технологий. Рост числа пациентов обуславливает высокую нагрузку как на систему здравоохранения в целом, так и на отдельные учреждения. При этом накопление больших массивов данных о различных заболеваниях делает их ручную обработку невозможной [1, 2]. В связи с этим на автоматизированных рабочих местах (АРМ) врачей-рентгенологов всё активнее применяют системы поддержки принятия врачебных решений, обеспечивающие анализ медицинских изображений [3–5].

Наиболее распространёнными являются следующие два подхода к организации АРМ врача-рентгенолога:

- с использованием готового решения от производителя рентгеновского оборудования — встроенное вендор-зависимое программное обеспечение (ПО);
- с самостоятельным подбором компонентов АРМ — вендор-независимое ПО¹.

Оба подхода возможно применять для:

- получения независимого мнения — когда врач видит результаты работы ПО только после того, как закончил работать над описанием исследования;
- параллельного прочтения — врач видит результаты работы ПО одновременно с изображением, полученным с диагностического оборудования;
- приоритизации исследований — исследования, оценённые ПО как патологические или срочные, поступают врачу на интерпретацию первыми;
- их исключения — исследования, оценённые ПО как непатологические, поступают на оценку врачу в порядке общей очереди.

Вендор-зависимые и вендор-независимые решения обладают широким функционалом и продолжают совершенствоваться за счёт применения технологий искусственного интеллекта [6]. В связи с этим перед руководителями в сфере организации здравоохранения (министрами, главными врачами, их заместителями и др.) закономерно возникает вопрос: какое ПО предпочтительнее для использования в конкретной медицинской организации — вендор-зависимое или вендор-независимое?

ЦЕЛЬ

Сравнить два подхода к применению ПО для анализа лучевых исследований в условиях АРМ врача-рентгенолога на примере Москвы.

МЕТОДЫ

Дизайн работы: двухэтапное одномоментное опросное исследование.

На первом этапе выполнен анализ функций вендор-зависимых и вендор-независимых решений, доступных для использования в Москве. Информация о вендор-независимых решениях получена из каталога сервисов на основе искусственного интеллекта, применяемых в Московском эксперименте по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и дальнейшего применения этих технологий в системе здравоохранения². Информация о вендор-зависимых решениях агрегирована с сайтов компаний-производителей^{3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17}.

На втором этапе исследования проведён социологический опрос на базе московского референс-центра, в котором приняли участие 40 врачей. Для оценки

¹ Здесь и далее по тексту вендор-зависимое ПО — решения, которые предлагают поставщики диагностического оборудования (рентгеновских, маммографических аппаратов, компьютерных и магнитно-резонансных томографов), тогда как вендор-независимое ПО — решения, предлагаемые сторонними компаниями, то есть теми, кто диагностическое оборудование не производит.

² Каталог ИИ сервисов [интернет]. В: Центр диагностики и телемедицины. Режим доступа: https://mosmed.ai/service_catalog/ Дата обращения: 24.10.2024.

³ Программное обеспечение для медицинской визуализации: каталог [интернет]. Medical Expo. Режим доступа: <https://www.medicaexpo.ru/cat/radiologia/> Дата обращения: 01.08.2023.

⁴ CAD4TB: AI-Powered Tuberculosis Detection Software [интернет]. Режим доступа: <https://delft.care/cad4tb/> Дата обращения: 01.08.2024.

⁵ Philips IntelliSpace Portal 12 [интернет]. Режим доступа: <https://www.philips.com/om/healthcare/product/> Дата обращения: 30.10.2024.

⁶ Gehealthcare [интернет]. Режим доступа: <https://www.gehealthcare.com/products/healthcare-it> Дата обращения: 30.10.2024.

⁷ Siemens-healthineers [интернет]. Режим доступа: <https://www.siemens-healthineers.com/digital-health-solutions/> Дата обращения: 30.10.2024.

⁸ Canon [интернет]. Режим доступа: <https://us.medical.canon/specialties/medical-oncology-solutions/> Дата обращения: 30.10.2024.

⁹ Hologic [интернет]. Режим доступа: <https://www.hologic.com/hologic-products/breast-health-solutions/> Дата обращения: 30.10.2024.

¹⁰ Aidoc [интернет]. Режим доступа: <https://www.aidoc.com/solutions/#aipowered/> Дата обращения: 30.10.2024.

¹¹ RADinfo SYSTEMS [интернет]. Режим доступа: <https://radinfosystems.com/products.html> Дата обращения: 30.10.2024.

¹² Sectra Medical [интернет]. Режим доступа: <https://medical.sectra.com/product/sectra-radiology-pacs-ris/> Дата обращения: 30.10.2024.

¹³ Visage Imaging [интернет]. Режим доступа: <https://visageimaging.com/> Дата обращения: 30.10.2024.

¹⁴ TeraRecon [интернет]. Режим доступа: <https://www.terarecon.com/> Дата обращения: 30.10.2024.

¹⁵ Agfa HealthCare [интернет]. Режим доступа: <https://www.agfa.com/he/russia/ru/internet/main/> Дата обращения: 30.10.2024.

¹⁶ Synapse [интернет]. Режим доступа: <https://synapse-emea.fujifilm.com/discovering-synapse-workflow.html> Дата обращения: 30.10.2024.

¹⁷ Merge PACS — American Medical Imaging [интернет] Режим доступа: <https://ami-ii.com/products/merge-pacs/> Дата обращения: 30.10.2024.

практической значимости основных функций вендор-зависимого ПО мы разработали опросник «Практическая значимость основных функций вендор-зависимого программного обеспечения» (Приложение 1). Опросник мы составили самостоятельно для целей данного исследования, и он не проходил формальную процедуру валидации. Инструмент содержал 17 закрытых вопросов, каждый из которых посвящён оценке одной конкретной функции на основе предыдущего практического опыта респондентов. Значимость функций оценивали по 3-балльной номинальной шкале: «Высокая», «Средняя», «Низкая». Для исключения смещающих факторов по каждому вопросу предусмотрен вариант ответа «Не использовал(-а)/не знаю».

Работа проведена в период с сентября 2023 г. по март 2024 г.

Этическая экспертиза

Данное 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, утверждённого этическим комитетом (выписка из протокола № 2 НЭК МРО РОПР от 20.02.2020), также зарегистрированного на ClinicalTrials (NCT04489992).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Сравнение функциональности вендор-зависимых и вендор-независимых решений

Число функций, доступных на момент выполнения работы, у вендор-независимого ПО оказалось несколько больше, чем у вендор-зависимого (Приложение 2).

Примечательно, что количество функций вендор-зависимых и вендор-независимых решений для модальности «Рентгенография» оказалось почти одинаковым. Аналогичную картину наблюдали и для модальности «Маммография».

Для модальностей «Компьютерная томография» и «Магнитно-резонансная томография» количество доступных функций вендор-независимых решений оказалось выше, чем у вендор-зависимых.

На рис. 1 представлено распределение функций между вендор-зависимыми и вендор-независимыми решениями; около половины из них реализовано в обоих типах ПО.

Практическая значимость основных функций вендор-зависимых решений

Установлено, что среди 17 проанализированных функций вендор-зависимых решений 6 не имели аналогов среди вендор-независимых (рис. 2).

Следует отметить, что шесть функций вендор-зависимого ПО, не имеющих аналогов в вендор-независимых

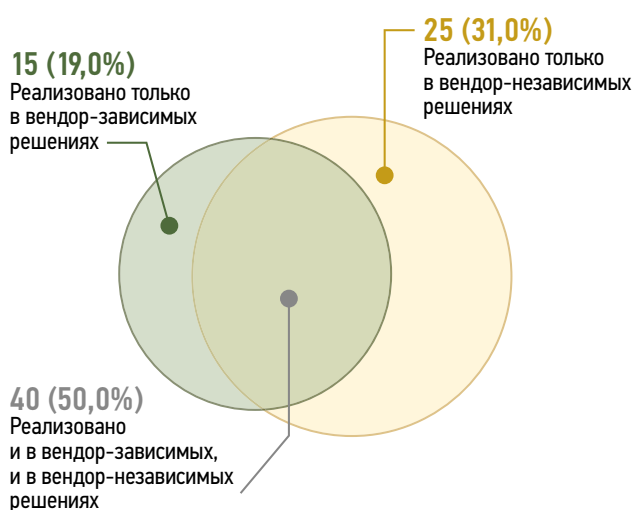


Рис. 1. Количество функций в зависимости от их реализации в вендор-зависимых и вендор-независимых решениях.

решениях (35,3%), используют менее 40% врачей-рентгенологов. Наибольшую практическую значимость среди них имеют функции анализа сосудов, а также оценки перфузии мозга, тогда как наименьшую — функция выявления рака толстой кишки.

Из одиннадцати функций вендор-зависимого ПО, для которых предусмотрены аналоги в вендор-независимом ПО (64,7%), шесть востребованы более чем у 50% врачей-рентгенологов. Наименее значимой в этой группе была функция оценки нарушений воздушности лёгочной ткани.

ОБСУЖДЕНИЕ

У вендор-зависимого и вендор-независимого ПО имеются некоторые одинаковые функции, однако в обеих группах решений есть и свои уникальные.

Сравнительная оценка функционала вендор-зависимых и вендор-независимых решений

Как упоминалось выше, вендор-зависимые и вендор-независимые решения для модальности «Рентгенография» обладают почти одинаковым набором функций. Среди них: обнаружение новообразований, инфекционно-воспалительных и травматических изменений и др.

Все решения для модальности «Маммография» сосредоточены на выявлении признаков новообразований молочных желёз.

Наибольшие отличия в отношении функциональности характерны для вендор-зависимых и вендор-независимых решений для модальностей «Компьютерная томография» и «Магнитно-резонансная томография».

Следует отметить, что для компьютерной томографии органов грудной клетки среди вендор-зависимого ПО мало функций по обнаружению заболеваний лёгких (отсутствует детекция туберкулёза, саркоидоза,



Рис. 2. Практическая значимость основных функций вендор-зависимого программного обеспечения, по данным опроса врачей-рентгенологов: результаты представлены в виде процента общего числа опрошенных.

бронхоэктатической болезни и др.). При этом в вендор-зависимом ПО имеются уникальные функции для анализа сердечно-сосудистой системы: анализ и 3D-моделирование сосудов, автоматическая детекция тромбов, спектральный анализ сосудов и сердца и др. Обратная картина характерна для вендор-независимого ПО.

Для компьютерной томографии органов брюшной полости вендор-зависимые решения предлагают функции по выявлению полипов и рака толстой кишки. В то же время вендор-независимые решения такими возможностями не располагают, однако обеспечивают выявление признаков мочекаменной болезни, а также новообразований надпочечников и почек.

При магнитно-резонансной томографии головного мозга вендор-зависимые решения позволяют оценивать перфузию, но не способны выявлять рассеянный склероз и новообразования, которые могут быть обнаружены с помощью вендор-независимого ПО.

Кроме того, вендор-независимое ПО обладает уникальными функциями выявления очаговых изменений костной структуры позвонков, а также протрузий, грыж межпозвоночных дисков и стеноза позвоночного канала.

Таким образом, наибольшие различия в части функционала между вендор-зависимым и вендор-независимым ПО наблюдаются для модальностей «Компьютерная томография» и «Магнитно-резонансная томография».

Сравнительная оценка преимуществ и недостатков вендор-зависимых и вендор-независимых решений

Вендор-зависимое ПО поставляется производителем диагностического оборудования и рабочих станций. С этим связаны его определённые преимущества:

- полная совместимость всех компонентов;
- сервисная поддержка;
- отсутствие необходимости содержать большой штат специалистов в области поддержки систем информационных технологий;
- наличие уникальных, востребованных у врачей-рентгенологов функций, которые отсутствуют в вендор-независимом ПО.

К недостаткам вендор-зависимого ПО можно отнести:

- высокую стоимость;
- невозможность его установки на рабочие станции от другого производителя;
- ограниченность функционала отдельных модулей.

По данным литературы, отмечают высокую частоту ложноположительных срабатываний такого ПО и его неравномерную эффективность в клинической практике [7–12]. Это может быть обусловлено тем, что, в отличие большинства вендор-независимых решений, основанных на методах глубокого обучения, многие вендор-зависимые

решения опираются на признаки, выделенные экспертами вручную или полуавтоматически, и, следовательно, не учитывают всего многообразия [13, 14]. Однако стоит отметить, что некоторые вендор-зависимые решения всё же обладают высокой диагностической точностью. В последние годы появляются и вендор-зависимые решения, основанные на глубоком обучении, которые по точности не уступают вендор-независимому ПО. Тем не менее на данный момент их регулярная оценка качества проводится не всегда. Ещё одним недостатком вендор-зависимого ПО может быть отсутствие комплексных решений, позволяющих выявлять основные виды патологических изменений при использовании определённой модальности и анатомической области (например, по результатам компьютерной томографии органов грудной клетки, брюшной полости и др.).

Преимуществами вендор-независимых решений являются регулярные улучшения их качества, которые быстро становятся доступны конечным пользователям, а также наличие большого количества уникальных функций. Среди вендор-независимого ПО появляется всё больше комплексных решений, которые способны обнаруживать все основные виды патологии по данным определённой модальности и анатомической области. Ещё одним преимуществом вендор-независимых решений является гибкая система оплаты, которая подразумевает, что стоимость использования зависит от числа обработанных исследований¹⁸.

Необходимость дополнительной инфраструктуры можно отнести к недостаткам вендор-независимых решений. Например, небольшие медицинские организации без стабильных высокоскоростных каналов связи не смогут воспользоваться «облачными» решениями. Локальная установка некоторых вендор-независимых решений теоретически возможна, однако на практике качество их работы может быть значительно ниже, чем заявлено разработчиками [15–18]. Следует отметить, что для решения этой проблемы в России с 2020 года активно создают инфраструктуру, которая позволяет обеспечить «бесшовное» внедрение этих решений в лучевую диагностику всех регионов, а научно-обоснованная система технологических и клинических мониторингов позволяет гарантировать их высокое и стабильное качество работы¹⁹ [19–22].

Помимо всего вышеперечисленного, стоит упомянуть и о перспективах развития вендор-зависимого и вендор-независимого ПО. Многие вендор-зависимые решения основаны на алгоритмах, опирающихся на ограниченный набор признаков, выбранных экспертами вручную или полуавтоматически. Для увеличения метрик их диагностической точности необходима доработка или изменение

алгоритмов, лежащих в их основе, что представляется очень трудоёмким. В связи с вышеизложенным, в последнее время при разработке как вендор-зависимых, так и вендор-независимых решений компании используют глубокое обучение, поскольку оно позволяет относительно быстро повысить метрики диагностической точности за счёт дообучения моделей на новых наборах данных [23–25]. Однако следует иметь в виду, что для обеспечения быстрого дообучения необходимы соответствующие вычислительные мощности.

Вендор-зависимые и вендор-независимые решения: основные подходы к выбору

Очевидна необходимость наличия системы поддержки принятия врачебных решений на АРМ врача-рентгенолога, поскольку она позволяет повысить качество диагностики и уменьшить время описания исследований [21, 26].

По нашему мнению, выбор решения в значительной степени будет обусловлен типом медицинской организации, в которой планируется применять данное ПО. При осуществлении выбора мы бы рекомендовали должностным лицам в сфере организации здравоохранения (министрам, главным врачам, их заместителям и др.) учитывать следующие типы медицинских организаций.

Амбулаторно-поликлинические медицинские организации

Одна из основных функций таких организаций — профилактика заболеваний. Соответственно в них выполняют большое количество профилактических скрининговых исследований — флюорографических/рентгенографических и маммографических. Как было показано выше, вендор-зависимое и вендор-независимое ПО для этих модальностей обладают примерно одинаковым набором функций, поэтому критерием выбора станет стоимость использования в пересчёте на одно исследование.

Кроме того, в организациях амбулаторно-поликлинического звена могут выполнять компьютерную и магнитно-резонансную томографию. С учётом того, что их проводят для выявления широкого спектра заболеваний органов грудной клетки, брюшной полости, позвоночника и других областей, в данной ситуации предпочтительнее использование вендор-независимого ПО, поскольку именно оно обладает соответствующими функциями.

Референс-центры (дистанционные консультативные центры лучевой диагностики)

Согласно Приказу Министерства Здравоохранения Российской Федерации № 560н от 9 июня 2020 г.

¹⁸ Приказ Департамента Здравоохранения Москвы № 134 от 24 февраля 2022 г. «Об утверждении Порядка и условий проведения эксперимента по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и дальнейшего применения в системе здравоохранения города Москвы». Режим доступа: <https://mosmed.ai/ai/docs/> Дата обращения: 10.02.2024.

¹⁹ Указ Президента Российской Федерации № 490 от 10 октября 2019 г. «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями). Режим доступа: <https://base.garant.ru/72838946/> Дата обращения: 10.02.2024.

«Об утверждении Правил проведения рентгенологических исследований»²⁰, к функциям референс-центров относят:

- анализ результатов рентгенологических исследований;
- организация и проведение двойного просмотра результатов массовых профилактических осмотров (скрининга), в том числе с использованием автоматизированных систем;
- выявление и анализ причин расхождений в результатах рентгенологических исследований с разработкой и реализацией мероприятий по обеспечению качества и т. д.

В связи с этим подходы к выбору систем поддержки принятия врачебных решений могли бы быть во многом сходны с теми, что описаны для амбулаторно-поликлинических медицинских организаций. Вместе с тем необходимо учитывать особенности организации работы каждого конкретного референс-центра.

Так, в Москве лучевые исследования выполняют в амбулаторно-поликлинических медицинских организациях, а затем результаты попадают в единый радиологический информационный сервис. Именно в нём врачи-рентгенологи московского референс-центра осуществляют просмотр и описание исследований. При такой схеме организации лучевой диагностики использование вендор-зависимого ПО становится невозможно, поскольку АРМ врачей не связаны напрямую с диагностическим оборудованием.

Это не позволяет врачам использовать уникальные функции вендор-зависимого ПО, но как показал опрос, они обладают той или иной степенью практической значимости менее чем для 40% врачей.

Стационарные медицинские организации

Как правило, такие медицинские организации специализируются на оказании медицинской помощи пациентам по одному или нескольким профилям. В связи с этим при отсутствии альтернативы предлагается выбирать те решения, которые обладают необходимыми функциями. Например, в сердечно-сосудистом центре целесообразно использовать вендор-зависимое ПО, ориентированное на анализ сердечно-сосудистой системы. В учреждениях, специализирующихся на дегенеративных заболеваниях позвоночника, более оправдано применение вендор-независимого ПО с соответствующими функциями.

В случаях, когда необходимые инструменты представлены в обоих типах решений, выбор определяется уровнем развития инфраструктуры и принципом экономической целесообразности.

Таким образом, оба подхода к применению ПО для анализа лучевых исследований — вендор-зависимый или вендор-независимый — остаются актуальными, а предпочтение конкретного варианта определяется особенностями медицинской организации.

Ограничения работы

Представленный анализ проводили на примере системы здравоохранения Москвы. Выбор предлагаемых подходов к использованию ПО для анализа лучевых исследований в других субъектах Российской Федерации и странах рекомендуется осуществлять с учётом особенностей местных систем здравоохранения.

При опросе врачи-рентгенологи оценивали значимость функций только тех решений, которые доступны им по месту работы в конкретной медицинской организации. Авторский опросник не проходил процедуру валидности и надёжности, что могло повлиять на точность измерений конструкта «практическая значимость».

Кроме того, исследование проводили в период с сентября 2023 г. по март 2024 г., в свою очередь, рынок рассматриваемых продуктов быстро меняется, а разработчики добавляют новые функции. Именно поэтому перед принятием решений о закупке того или иного ПО рекомендуем проводить дополнительный анализ рынка рассматриваемых решений.

Перечень наименований функций ПО сформулирован в соответствии с базовыми диагностическими требованиями [27], а также информацией, представленной на сайтах компаний-производителей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, только половина функций встроенного вендор-зависимого и вендор-независимого ПО, доступных для использования в Москве, совпадают.

Уникальные функции встроенного вендор-зависимого и вендор-независимого ПО определяют выбор в пользу определённого решения в зависимости от потребностей врачей-рентгенологов конкретной медицинской организации. В случае необходимости возможно одновременно использовать оба типа ПО. Почти 2/3 функций встроенного вендор-зависимого ПО (64,7%), используемого врачами-рентгенологами Москвы, могут быть реализованы с помощью вендор-независимых решений. В таких условиях выбор ПО следует осуществлять с учётом развитости инфраструктуры и экономической целесообразности.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ



Приложение 1. Опросник для оценки практической значимости основных функций вендор-зависимого программного обеспечения. doi: 10.17816/DD631519-4379059



Приложение 2. Функциональные возможности встроенных вендор-зависимых и вендор-независимых решений. doi: 10.17816/DD631519-4379066

²⁰ Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации № 560н от 9 июня 2020 г. «Об утверждении Правил проведения рентгенологических исследований». Режим доступа: <https://base.garant.ru/74632238/> Дата обращения: 10.02.2024.

Вклад авторов. Ю.А. Васильев — концепции работы; Е.А. Славущева — сбор и анализ литературных данных, написание и редактирование текста рукописи; М.А. Зеленова — сбор и анализ литературных данных, создание опросника и проведение опроса; И.М. Шулькин, К.М. Арзамасов — концепция работы, редактирование текста рукописи. Все авторы одобрили рукопись (версию для публикации), а также согласились нести ответственность за все аспекты работы, гарантируя надлежащее рассмотрение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой её части.

Благодарности. Авторы благодарят Р.Н. Ахметова за консультацию по текущим потребностям врачей в использовании систем поддержки принятия врачебных решений, а также С.В. Михайлина и Д.В. Козлова за аналитику рынка автоматизированных рабочих мест врачей-рентгенологов.

Этическая экспертиза. Данное 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, утверждённого этическим комитетом (выписка из протокола № 2 НЭК МРО POPP от 20.02.2020), также зарегистрированного на ClinicalTrials (NCT04489992).

Источник финансирования. Данная статья подготовлена авторским коллективом в рамках научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы «Разработка платформы повышения качества ИИ-Сервисов для медицинской диагностики» (ЕГИСУ: № 123031400006-0) в соответствии с Приказом № 1196 от 21 декабря 2022 г. «Об утверждении государственных заданий, финансовое обеспечение которых осуществляется за счёт средств бюджета города Москвы государственным бюджетным (автономным) учреждениям подведомственным Департаменту здравоохранения города Москвы, на 2023 год и плановый период 2024 и 2025 годов» Департамента здравоохранения города Москвы.

Раскрытие интересов. Авторы заявляют об отсутствии отношений, деятельности и интересов за последние три года, связанных с третьими лицами (коммерческими и некоммерческими), интересы которых могут быть затронуты содержанием статьи.

Оригинальность. При создании настоящей работы авторы не использовали ранее опубликованные сведения (текст, иллюстрации, данные).

Доступ к данным. Все данные, полученные в настоящем исследовании, доступны в статье и в приложении к ней. В частности, в Приложении 1 и 2.

Генеративный искусственный интеллект. При создании настоящей статьи технологии генеративного искусственного интеллекта не использовались.

Рассмотрение и рецензирование. Настоящая работа подана в журнал в инициативном порядке и рассмотрена по обычной процедуре. В рецензировании участвовали два члена редакционной коллегии журнала.

ADDITIONAL INFORMATION



Supplement 1: Questionnaire for assessing the practical significance of the main functions of vendor-dependent software. doi: 10.17816/DD631519-4379064



Supplement 2: Functionality of embedded vendor-dependent and vendor-independent solutions. doi: 10.17816/DD631519-437907

Author contributions: Yu.A. Vasilev: conceptualization; E.A. Slavushcheva: data curation, writing—original draft, review & editing; M.A. Zelenova: data curation, survey creation and implementation; I.M. Shulkin, K.M. Arzamasov: conceptualization, writing—review & editing. All the authors approved the final version of the manuscript for publication and agreed to be accountable for all aspects of the work, ensuring that questions related to the accuracy or integrity of any part of the work are appropriately investigated and resolved.

Acknowledgments: The authors would like to thank R.N. Akhmetov for consultation on the current demands of healthcare providers regarding clinical decision-support systems, and S.V. Mikhailin and D.V. Kozlov for analyzing the market for automated radiology workstations.

Ethics approval: This study was based on the data from the approved Experiment on the use of innovative computer vision technologies for analysis of medical images in the Moscow healthcare system (extract from Minutes No. 2 of the Independent Ethics Committee of the Moscow Regional Branch of the Russian Society of Radiographers and Radiologists dated February 20, 2020), registered at ClinicalTrials (NCT04489992).

Funding sources: This article was part of the research and development project "Development of a platform for improving the quality of AI services for medical diagnostics" (EGISU No. 123031400006-0) under Moscow City Health Department Order No. 1196 On the Approval of State Assignments Funded from the Budget of the City of Moscow for State Budgetary (Autonomous) Institutions Subordinate to the Moscow City Health Department for 2023 and the Planned Period of 2024–2025, dated December 21, 2022.

Disclosure of interests: The authors have no relationships, activities, or interests for the last three years related to for-profit or not-for-profit third parties whose interests may be affected by the content of the article.

Statement of originality: No previously published material (text, images, or data) was used in this study or article.

Data availability statement: All data obtained in this study are available in the article and its supplementary material. In particular, in Supplements 1 and 2.

Generative AI: No generative artificial intelligence technologies were used to prepare this article.

Provenance and peer-review: This article was submitted unsolicited and reviewed following the standard procedure. The peer review process involved two members of the Editorial Board.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ | REFERENCES

1. Shulkin IM, Vladzimirsky AV. Data-based Management in Imaging: Evaluation of the Performance of a Unified Radiological Information Service Model. *Manager Zdravoochranenia*. 2022;(7):68–80. doi: 10.21045/1811-0185-2022-7-68-80 EDN: IYPKHK
2. Finakov AS. Information Technologies in Medicine. *Scientific Journal of Academy*. 2022;(3):63–67. EDN: WSNKRW
3. Morozov SP, Vladzimirsky AV, Ledikhova NV, et al. Moscow Experiment on Computer Vision in Radiology: Involvement and Participation of Radiologists. *Medical Doctor and IT*. 2020;(4):14–23. doi: 10.37690/1811-0193-2020-4-14-23 EDN: VEWGXO
4. Guo Z, Xie J, Wan Y, et al. A Review of the Current State of the Computer-Aided Diagnosis (CAD) Systems for Breast Cancer Diagnosis. *Open Life Sciences*. 2022;17(1):1600–1611. doi: 10.1515/biol-2022-0517 EDN: RSGRVD
5. Fujita H. AI-based Computer-Aided Diagnosis (AI-CAD): The Latest Review to Read First. *Radiological Physics and Technology*. 2020;13(1):6–19. doi: 10.1007/s12194-019-00552-4 EDN: JHXXPS
6. Mayo RC, Kent D, Sen LC, et al. Reduction of False-Positive Markings on Mammograms: a Retrospective Comparison Study Using an Artificial Intelligence-Based CAD. *Journal of Digital Imaging*. 2019;32(4):618–624. doi: 10.1007/s10278-018-0168-6 EDN: BHBLVP
7. Kohli A, Jha S. Why CAD Failed in Mammography. *Journal of the American College of Radiology*. 2018;15(3):535–537. doi: 10.1016/j.jacr.2017.12.029
8. Lehman CD, Wellman RD, Buist DSM, et al. Diagnostic Accuracy of Digital Screening Mammography With and Without Computer-Aided Detection. *JAMA Internal Medicine*. 2015;175(11):1828. doi: 10.1001/jamainternmed.2015.5231

9. Fenton JJ, Taplin SH, Carney PA, et al. Influence of Computer-Aided Detection on Performance of Screening Mammography. *New England Journal of Medicine*. 2007;356(14):1399–1409. doi: 10.1056/NEJMoa066099
10. Gilbert FJ, Astley SM, Gillan MGC, et al. Single Reading with Computer-Aided Detection for Screening Mammography. *New England Journal of Medicine*. 2008;359(16):1675–1684. doi: 10.1056/NEJMoa0803545
11. Tchou PM, Haygood TM, Atkinson EN, et al. Interpretation Time of Computer-aided Detection at Screening Mammography. *Radiology*. 2010;257(1):40–46. doi: 10.1148/radiol.10092170
12. Philpotts LE. Can Computer-aided Detection Be Detrimental to Mammographic Interpretation? *Radiology*. 2009;253(1):17–22. doi: 10.1148/radiol.2531090689
13. Khanna NN, Maindarkar MA, Viswanathan V, et al. Economics of Artificial Intelligence in Healthcare: Diagnosis vs. Treatment. *Healthcare*. 2022;10(12):2493. doi: 10.3390/healthcare10122493 EDN: UDQHMZ
14. Xing X, Zhao X, Wei H, Li Y. Diagnostic Accuracy of Different Computer-Aided Diagnostic Systems for Prostate Cancer Based on Magnetic Resonance Imaging. *Medicine*. 2021;100(3):e23817. doi: 10.1097/md.00000000000023817 EDN: EUAPKQ
15. Hadjiiski L, Cha K, Chan HP, et al. AAPM Task Group Report 273: Recommendations on Best Practices for AI and Machine Learning for Computer-Aided Diagnosis in Medical Imaging. *Medical Physics*. 2023;50(2):e1–e24. doi: 10.1002/mp.16188 EDN: RFUOFA
16. Roberts M, Driggs D, Thorpe M, et al. AIX-COVNET. Common Pitfalls and Recommendations for Using Machine Learning to Detect and Prognosticate for COVID-19 Using Chest Radiographs and CT Scans. *Nature Machine Intelligence*. 2021;3(3):199–217. doi: 10.1038/s42256-021-00307-0 EDN: YFUJIA
17. Gu Y, Chi J, Liu J, et al. A Survey of Computer-Aided Diagnosis of Lung Nodules from CT Scans Using Deep Learning. *Computers in Biology and Medicine*. 2021;137:104806. doi: 10.1016/j.compbiomed.2021.104806 EDN: LPGPQM
18. Aggarwal R, Sounderajah V, Martin G, et al. Diagnostic Accuracy of Deep Learning in Medical Imaging: A Systematic Review and Meta-analysis. *NPJ Digital Medicine*. 2021;4(1):65–65. doi: 10.1038/s41746-021-00438-z EDN: RYOQDM
19. Vladzimirskyy AV, Vasilev YuA, Arzamasov KM, et al. *Computer Vision in Radiation Diagnostics: The First Stage of the Moscow Experiment*. Moscow: Izdatel'skie resheniya; 2023. ISBN: 978-5-0059-3043-9 (In Russ.) EDN: FOYLXK
20. Morozov SP, Vladzimirskyy AV, Shulkin IM, et al. Feasibility of Using Artificial Intelligence in Radiology (First Year of Moscow Experiment on Computer Vision). *Medical Doctor and IT*. 2022;(1):12–29. doi: 10.25881/18110193_2022_1_12 EDN: UCHWWP
21. Vasilev YuA, Vladzimirskyy AV, Bondarchuk DV, et al. Importance of Artificial Intelligence Technologies to Prevent Defects in Radiologist's Practice. *Medical Doctor and IT*. 2023;(2):16–27. doi: 10.25881/18110193_2023_2_16 EDN: SYZAOQ
22. Vasilev YuA, Vladzimirskyy AV, Omelyanskaya OV, et al. Review of Meta-analyses on the Use of Artificial Intelligence in Radiology. *Medical Visualization*. 2024;28(3):22–41. doi: 10.24835/1607-0763-1425 EDN: QYASNZ
23. Kim DW, Jang HY, Kim KW, et al. Design Characteristics of Studies Reporting the Performance of Artificial Intelligence Algorithms for Diagnostic Analysis of Medical Images: Results from Recently Published Papers. *Korean Journal of Radiology*. 2019;20(3):405–410. doi: 10.3348/kjr.2019.0025
24. Nam JG, Hwang EJ, Kim J, et al. AI Improves Nodule Detection on Chest Radiographs in a Health Screening Population: A Randomized Controlled Trial. *Radiology*. 2023;307(2):e221894. doi: 10.1148/radiol.221894 EDN: ZXSHYF
25. Yu X, Wang J, Hong QQ, et al. Transfer Learning for Medical Images Analyses: A survey. *Neurocomputing*. 2022;489:230–254. doi: 10.1016/j.neucom.2021.08.159 EDN: NQEUGB
26. Vladzimirskyy AV, Kudryavtsev ND, Kozhikhina DD, et al. Effectiveness of Using Artificial Intelligence Technologies for Dual Descriptions of the Results of Preventive Lung Examinations. *Russian Journal of Preventive Medicine*. 2022;25(7):7–15. doi: 10.17116/profmed202250717 EDN: JNUMFN
27. Morozov SP, Abuladze LR, Andreychenko AE, et al. Basic Recommendations for the Operation of Artificial Intelligence Services for Radiation Diagnostics. Moscow: Research and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies; 2022. (In Russ.) EDN: EHQPW

ОБ АВТОРАХ

* **Арзамасов Кирилл Михайлович**, д-р мед. наук;
адрес: Россия, 127051, Москва, ул. Петровка, д. 24, стр. 1;
ORCID: 0000-0001-7786-0349;
eLibrary SPIN: 3160-8062;
e-mail: ArzamasovKM@zdrav.mos.ru

Васильев Юрий Александрович, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-5283-5961;
eLibrary SPIN: 4458-5608;
e-mail: VasilevYA1@zdrav.mos.ru

Славушчева Екатерина Алексеевна;
ORCID: 0009-0009-1315-0829;
e-mail: SlavushevaEA1@zdrav.mos.ru

Зеленова Мария Александровна, канд. биол. наук;
ORCID: 0000-0001-7458-5396;
eLibrary SPIN: 3823-6872;
e-mail: ZelenovaMA@zdrav.mos.ru

Шулькин Игорь Михайлович, канд. мед. наук;
ORCID: 0000-0002-7613-5273;
eLibrary SPIN: 5266-0618;
e-mail: ShulkinIM@zdrav.mos.ru

AUTHORS' INFO

* **Kirill M. Arzamasov**, MD, Dr. Sci. (Medicine);
address: 24 Petrovka st, bldg 1, Moscow, Russia, 127051;
ORCID: 0000-0001-7786-0349;
eLibrary SPIN: 3160-8062;
e-mail: ArzamasovKM@zdrav.mos.ru

Yuriy A. Vasilev, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-5283-5961;
eLibrary SPIN: 4458-5608;
e-mail: VasilevYA1@zdrav.mos.ru

Ekaterina A. Slavushcheva, MD;
ORCID: 0009-0009-1315-0829;
e-mail: SlavushevaEA1@zdrav.mos.ru

Maria A. Zelenova, Cand. Sci. (Biology);
ORCID: 0000-0001-7458-5396;
eLibrary SPIN: 3823-6872;
e-mail: ZelenovaMA@zdrav.mos.ru

Igor M. Shulkin, MD, Cand. Sci. (Medicine);
ORCID: 0000-0002-7613-5273;
eLibrary SPIN: 5266-0618;
e-mail: ShulkinIM@zdrav.mos.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author