

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-1-7-20>

Новые подходы к диагностическим информационным системам в радиологии

Литературный обзор

**А.Г. Бажанов¹, А.В. Соловьев^{2,5}, А.О. Чернов¹, В.Е. Ушаков¹, А.Н. Шапиев⁵,
Е.В. Соколова⁴, В.А. Гомболевский³, В.Е. Дробаха⁶, А.Е. Николаев¹**

¹ ООО «Телерадиология и Информационные Системы», IT-департамент; д. 28, ул. Соколова-Соколенка, Владимир, 600027, Россия

² ГБУЗ «Научно-практический клинический центр диагностики и телемедицинских технологий Департамента здравоохранения города Москвы»; д. 24, стр. 1, ул. Петровка, Москва, 127051, Россия

³ АНО «Институт искусственного интеллекта»; д. 32, к. 1, Кутузовский просп., Москва, 121170, Россия

⁴ ООО «Сбер», Лаборатория по Искусственному Интеллекту; д. 44-48, корп. 3, стр. 1, ул. Бакунинская, Москва, 107082, Россия

⁵ ГБУЗ «Морозовская детская городская клиническая больница Департамента здравоохранения города Москвы»; д. 1/9, 4-й Добрынинский переулок, Москва, 119049, Россия

⁶ ФГБОУ ВО «ПГМУ им. ак. Е.А. Вагнера» Минздрава России; д. 26, ул. Петропавловская, Пермь, 614990, Россия

Контакт: А.В. Соловьев, atlantis.929292@gmail.com

Аннотация:

Первые электронные информационные системы для помощи составления радиологических отчетов появились еще в середине 1960-ых годов и были внедрены в первую очередь в отделениях лучевой диагностики здравоохранения.

Благодаря развитию и достижениям в области информационных технологий в радиологии, была внедрена система архивации и передачи изображений (Picture Archiving and Communication System (PACS)), это способствовало уменьшению этапов рабочих процессов в рутинной практике врача радиолога в сравнении с использованием классических систем в основе, которых пленки и бумага.

Также использование PACS привело к повышению эффективной работы отделения лучевой диагностики ускорив получение изображений для врачей диагностов и клиницистов, снизив затраты на отделение, ускорив написание протоколов исследований, увеличивая количество исследований для проведения и описания.

Использование современных информационных систем имеет ряд преимуществ, таких как хранение большого количества данных, объединение и хранение разрозненных информационных систем медицинской организации, получение полного доступа к электронной медицинской карте пациента, что в свою очередь, ускоряет рабочие процессы и увеличивает эффективное взаимодействие персонала больницы.

Таким образом, трудно переоценить значимость таких систем для врачей лучевой диагностики и врачей других специальностей, что может повлиять на диагностику и улучшение качества оказания помощи пациентам.

В данном обзоре собрана актуальная информация о работе информационных систем в отделениях лучевой диагностики.

Ключевые слова: радиологическая информационная система; PACS; системы передачи и архивации DICOM изображений; телерадиология; рентгенологическая информационная система; информационная система; медицинская информационная система.

Для цитирования: Бажанов А.Г., Соловьев А.В., Чернов А.О., Ушаков В.Е., Шапиев А.Н., Соколова Е.В., Гомболевский В.А., Дробаха В.Е., Николаев А.Е. Новые подходы к диагностическим информационным системам в радиологии. Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения 2023;9(1):7-20; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-1-7-20>

New approaches to diagnostic information systems in radiology

Literature review

<https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-1-7-20>**A.G. Bazhanov¹, A.V. Solovlev^{2,5}, A.O. Chernov¹, V.E. Ushakov¹, A.N. Shapiev⁵, E.V. Sokolova⁴, V.A. Gombolevsky³, V.E. Drobakha⁶, A.E. Nikolaev¹**¹ Teleradiology and Information Systems LLC, IT department; 28, st. Sokolova-Sokolenko, Vladimir, 600027, Russia² GBUZ «Scientific and Practical Clinical Center for Diagnostics and Telemedicine Technologies of the Department of Health of the City of Moscow»; 24, building 1, st. Petrovka, Moscow, 127051, Russia³ ANO «Institute of Artificial Intelligence»; 32, building 1, Kutuzovsky prospekt, Moscow, 121170, Russia⁴ Sber LLC, Artificial Intelligence Laboratory; 44-48, bldg. 3, building 1, st. Bakuninskaya, Moscow, 107082, Russia⁵ Morozov Children's City Clinical Hospital of the Department of Health of the City of Moscow; 1/9, 4th Dobryninsky lane, Moscow, 119049, Russia⁶ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «PSMU named after ak. E.A. Wagner» of the Ministry of Health of Russia; 26, st. Petropavlovskaya, Perm, 614990, Russia**Contact:** A.V. Solovlev, atlantis.929292@gmail.com**Abstract:**

The first electronic information systems to help compile radiological reports appeared in the mid-1960s and were introduced primarily in radiology departments of healthcare.

Due to the development and achievements in the field of information technology in radiology, a system of archiving and transmission of images (Picture Archiving and Communication System (PACS)) was introduced, this helped to reduce the stages of work processes in the routine practice of a radiologist in comparison with the use of classical systems based on films and paper.

Also, the use of PACS has led to an increase in the effective work of the radiation diagnostics department by speeding up the acquisition of images for diagnosticians and clinicians, reducing the costs of the department, speeding up the writing of research protocols, increasing the number of studies to conduct and describe.

The use of modern information systems has a number of advantages, storing a large amount of data, combining and storing disparate information systems of a medical organization, obtaining full access to the electronic medical record of the patient, which in turn accelerates work processes and effective interaction of hospital staff.

Thus, dependence on these information systems by radiation diagnosticians and doctors of other specializations can affect the diagnosis and improvement of the quality of patient care.

This review contains up-to-date information about the work of information systems in radiology departments.

Key words: Radiology Information System; PACS; Picture Archiving and Communication Systems; Teleradiology; Xray Information System; information systems; Hospital Information Systems.

For citation: Bazhanov A.G., Soloviev A.V., Chernov A.O., Ushakov V.E., Shapiev A.N., Sokolova E.V., Gombolevsky V.A., Drobakha V.E., Nikolaev A.E. New approaches to diagnostic information systems in radiology. Russian Journal of Telemedicine and E-Health 2023;9(1):7-20; <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2023-9-1-7-20>

■ ВВЕДЕНИЕ

Первые электронные информационные системы для помощи составления рентгенологических отчетов появились еще в середине 1960-ых годов и были внедрены в первую очередь в отделениях лучевой диагностики здравоохранения [1].

Благодаря развитию и достижениям в области информационных технологий в лучевой диагностике, была внедрена система архивации и передачи изображений (Picture Archiving and Communication System (PACS)), это способствовало сокращению этапов рабочих процессов в рутинной практике врача-рентгенолога по

сравнению с использованием классических систем, использующих пленку и бумагу. Также использование PACS привело к повышению эффективности работы отделений лучевой диагностики, ускорив получение изображений для врачей, снизив затраты на отделение, ускорив подготовку протоколов исследований, высвобождая время для потенциального увеличения количества исследований. Использование современных информационных систем имеет ряд преимуществ: хранение большого количества данных, объединение и хранение разрозненных информационных систем медицинской организации, получение полного доступа к электронной медицинской карте (ЭМК) пациента, что в

свою очередь ускоряет рабочие процессы и улучшает взаимодействия между медицинским персоналом. Таким образом, применение информационных систем в лучевой диагностике оказывает значительное влияние на объемы и качество оказания медицинской помощи населению [2].

В данной статье рассмотрены основные элементы и новые подходы к формированию информационных систем в отделениях лучевой диагностики, патоморфологии и других структурных подразделений. Важными плюсами современных PACS серверов является их мобильность. Установка подобных систем не занимает много времени, они имеют высокие показатели стабильной работы, которая обеспечивается при любой скорости локального интернета, что в свою очередь позволяет снизить затраты на техническое обслуживание и делает ее общедоступным вендором.

■ РАДИОЛОГИЧЕСКАЯ/ ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА

Со временем локальные PACS каждого диагностического аппарата стали объединять в единый цифровой архив клиники, совмещать с рабочим листом, что позволяло не только стандартизировать работу отделения лучевой диагностики, но и повышает эффективность его работы. При выборе и организации работы информационной системы в рамках региона, важ-

ным критерием является конечная стоимость аппаратных средств и компьютерных комплектующих, на котором будет введена в эксплуатацию система PACS, информационная система и программа просмотра и обработки изображений, что формируют конечную стоимость продукта, в особенности, когда планируется центральный архив медицинских изображений. Разработанные в Российской Федерации радиологические информационные системы (РИС) должны соответствовать рекомендациям министерства здравоохранения (МЗ) Российской Федерации (РФ) по обеспечению функциональных возможностей РМИС от 23.06.2016, а также соответствие требованиям МЗ РФ No 911н от 24.12.2018 «Об утверждении требований к ГИС в сфере здравоохранения субъектов РФ», а также должны быть включены в реестр отечественного ПО.

Безусловно, исполнение всех юридических аспектов в период создания и использование информационной системы остается важным для разработчиков и пользователей. Еще одним важным и, зачастую, определяющим фактором использования и выбора такой системы остается ее быстродействие и спектр функциональных возможностей.

Среди наиболее важных функций выделяют:

- Администрирование радиологической информационной системой;
- Администрирование диагностическим процессом с наличием сформированного плана работы и списка пациентов (worklist); ►►

Таблица 1. Требования к PACS в зависимости от времени
Table 1. PACS requirements depending on the time

	Сегодняшние PACS / РИС	Будущие PACS / РИС
Изображение Picture	Управление изображениями (DICOM)	Возможность управления данными
Архивирование Archiving	Хранение данных	Обработка данных (подлежащая действию) в том числе при помощи алгоритмов на основе ИИ
Коммуникация Communication	Бесструктурные данные	Семантическая сеть* (Открытая Модель Данных Пациента)
Система System	Оборудование	Программное обеспечение

*Семантическая сеть — информационная модель предметной области, имеет вид ориентированного графа.

*Semantic network is an information model of the subject area, which has the form of an oriented graph.

- Формирование и выгрузку статистической информации по работе отделения, города, региона;
- Обеспечение удобной работы врача-диагноста:
 - Многофункциональная работа с DICOM изображениями;
 - Доступ к системе передачи и архивации DICOM исследований (PACS);
 - Доступ к клиническим данным пациента;
 - Интеграция программы обработки изображений с компьютер-ассистированным диагностами;
 - Тriage ургентных исследований;
- Контроль качества проведенных исследований;
 - Контроль качества протоколов исследований;
 - Модули телеконсультаций (телерадиология, телепатоморфология, теле-ЭКГ и т.д.) (рис. 1);

- Современная интеграция в медицинскую информационную систему и национальный цифровой контур (рис. 2);
- Личный кабинет пациента;
- Возможность формирования регионального медицинского архива.

■ УПРАВЛЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ

На сегодняшний день, необходимость управления диагностическим процессом, при помощи диагностической информационной системы, является необходимостью в повышении эффективности работы отделения лучевой диагностики. Стандартизация процесса позволяет минимизировать влияние человеческого фактора в процессе регистрации данных пациента в системе. Такие данные как анамнестические данные, информации о типе услуги,



Рис. 1. Внешний вид поисковой системы «Connexum» и «Комета»
 Fig. 1. The appearance of the search engine of radiologic information system «Connexum» and «Kometa»

формы оплаты, отделения, цели и задачи исследования, могут быть исключены для ввода путем их автоматической интеграции.

Вышеперечисленные возможности позволяют не только сократить время работы с паспортными и медицинскими данными и правильно выбрать протокол сканирования, но и врачу акцентировать свое внимание на определении задач при описании, что особенно важно при urgentных состояниях, при планировании хирургического лечения и оценке в динамике течения заболевания у онкологических пациентов.

Поскольку радиологи и другие врачи становятся все более зависимыми от информационных систем, установлено, что улучшенный доступ к полной электронной медицинской информации о пациенте может повлиять на качество диагностического процесса и потенциально улучшить результаты лечения пациентов. Современные информационные системы способны обеспечить ряд преимуществ, связывая разрозненные информационные системы больниц, содержащих уникальные источники первичных данных о пациенте, такие как PACS для диагностических изображений, РИС для

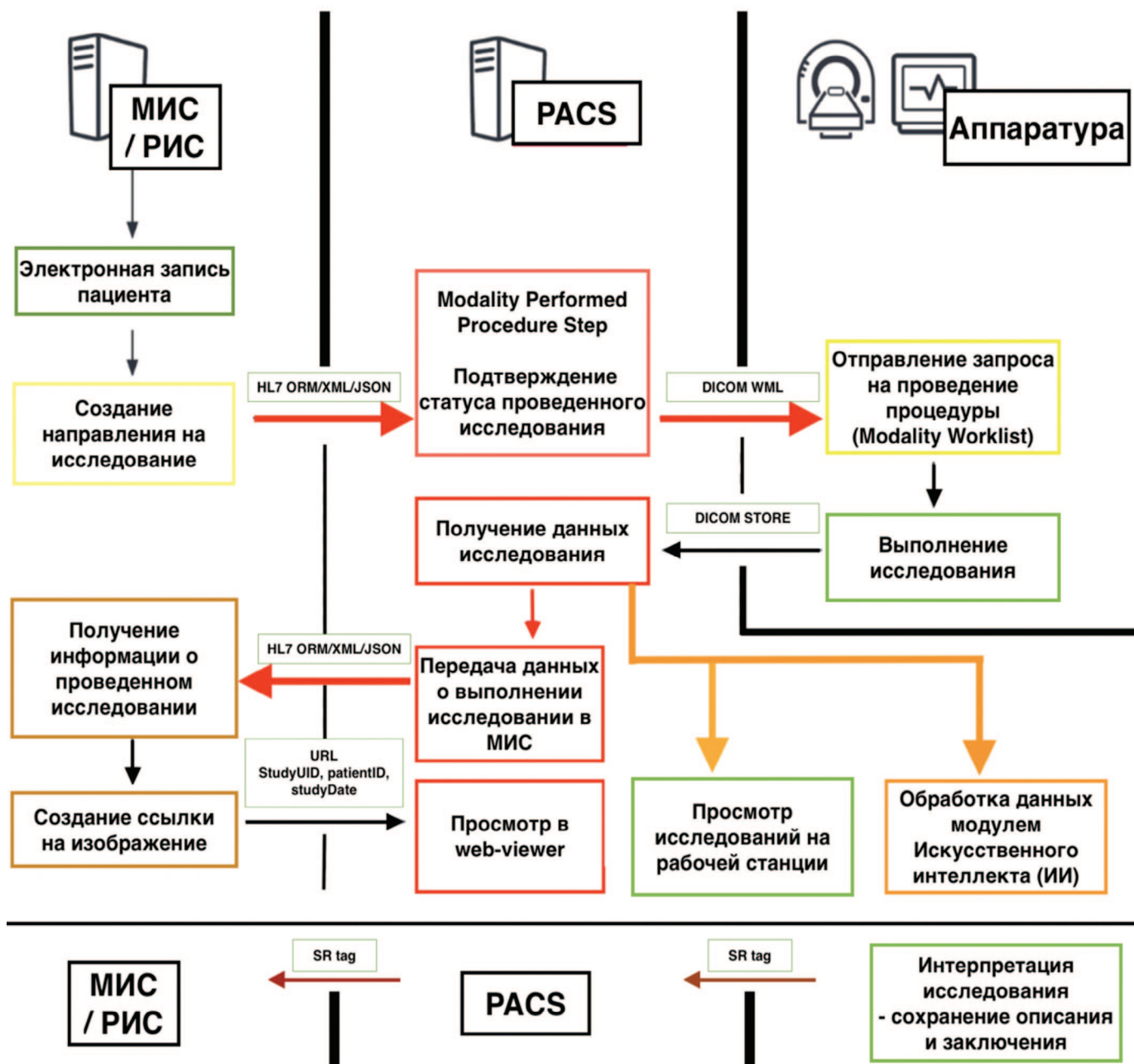


Рис. 2. Современная интеграция в медицинскую информационную систему
 Fig. 2. Modern integration into the medical information system

планирования обследования и отчетности по диагностике, а также общие информационные системы больницы для других клинических данных.

Планирование обследования:

- Идентификация пациента в ЕРП/ЕРЗЛ при создании направления
- Определение ресурса при создании направления:
 - 1) кабинет выполнения исследования;
 - 2) диагностическое устройство;
 - 3) рентгенолаборант;
 - 4) врач-рентгенолог.

Зачастую, врачи рентгенологи получают только медицинские изображения для интерпретации без предоставления клинических данных о пациенте, либо не полные клинические данные, которые не полностью информируют о состоянии пациента по сформулированной цели обследования в направлении на исследование.

Предоставляемые данные, часто являются краткими, неструктурированными и, возможно, неточными. Растущий интерес к пациент-центричной, персонализированной медицине и повышению качества оказания медицинской помощи формирует задачи преодоления этих проблем. Корректное введение первичных статистических данных, для учета, в том числе демографических и клинических показателей жизненно важен для управления процессами внутри медицинской организации, а также важен для врача рентгенолога в выборе оптимального метода исследования и протокола сканирования, с качественной последующей интерпретацией результатов обследования и формирования рекомендаций по дальнейшему ведению пациентов.

Управление информационной системой является сложным процессом, включающим в себя управление реестром пользователей, реестром диагностических устройств, мони-



Рис. 3. Рабочее окно специалиста IT-службы в PACS
Fig. 3. Working window for IT service specialist, which setting up PACS

торинг состояния ресурсов серверов для предупреждающего реагирования и обеспечения бесперебойности работы, мониторинг за системой уведомления о событиях. Безопасное управление системой осуществляется представителями ИТ-службы в штатном порядке (рис. 3).

■ ТЕЛЕРАДИОЛОГИЯ, ТЕЛЕПАТОЛОГИЯ И ДРУГИЕ ВЫЗОВЫ ДЛЯ ДИС

В Российской Федерации был внедрен порядок организации и оказания медицинской помощи с применением телемедицинских технологий согласно приказу Минздрава РФ от 30.11.2017 г. №965н и вступил в силу в январе 2018 года [3].

Телемедицинские технологии в РФ преимущественно распространены для решения диагностических задач в сфере лучевой и функциональной диагностики занимая лидирующее положение в данной области здравоохранения страны. Для этого были установлены радиологические информационные системы, которые работают в отдельных медицинских организациях и в целых административно-территориальных единицах, таким образом во многих субъектах РФ на основе РИС был создан централизованный архив медицинских изображений (ЦАМИ) благодаря которому объединяется множество рабочих мест и диагностических устройств, а результаты накапливаются в ЦАМИ. Это привело к большим плюсам, таким как: быстрой передаче данных между удаленными лечебно-диагностическими участниками процесса, уменьшение повторного (дублирующего) исследования за счет доступа к ранее сделанным первичным диагностическим изображениям [4].

Финансовые показатели работы радиологических телемедицинских технологий представлены в сравнительном анализе статистических показателей и финансовых затрат отделения пилотной медицинской организации до (2016 г.) и после (январь-июнь 2017 г.) При анализе отчетности было установлено [3, 4]:

- зафиксировано снижение фонда оплаты труда на 59%;
- выявлено снижение затрат на фотолабораторию на 40% при переходе на цифровую рентгенографию;

- установлено снижение себестоимости одного исследования до 30%;

- определено сокращение помещений, занимаемых отделениями на четверть.

Согласно данным изученного финансового отчета, было установлено, что объем Сэкономленны (сохраненных) средства (в размере до 19,2 млн руб.) значительно превосходят фактически разовые затраты на организацию и внедрение телерадиологических систем в медицинской организации, которые, в настоящее время, оцениваются в среднем размере до 2 млн руб.

С января 2017 г. количество ставок в отделении рентгенологической диагностики сокращено с 17 до 7 (в 2,4 раза), что привело к повышению средней заработной платы на 126,4% [5].

Согласно полученных данным, система телерадиологии имеет широкое распространение в работе врачей радиологов на территории и других государств, в том числе Соединенных Штатах Америки (США). Специалисты отмечают удобство применения системы при удаленном (дистанционном) описании протоколов исследований, возможности для увеличения охвата оказания квалифицированной помощи в удаленных территориях, не имеющих специалистов на местах [6].

Расширение использования медицинских информационных систем (МИС) позволяет хранить клинические данные в электронном виде, однако использование этой информации для специалистов лучевой диагностики накладывает некоторые трудности [1, 7-10].

Большой проблемой остается использование не унифицированных МИС даже в рамках одной медицинской организации. Для интерпретации исследований, изучения клинических данных специалистам лучевой диагностики часто приходится использовать отдельные рабочие станции, разное программное обеспечение и учетные данные для доступа к медицинской электронной информации. Очень часто этот процесс сопровождается переходом на другой компьютер с выполнением дополнительного или отдельного входа в очередную медицинскую систему и ручное извлечение данных. Данные манипуляции несут большие временные затраты, что неприемлемо в рамках телерадиологии на большом потоке.

Таким образом, наилучшее решение РИС в данном случае – это наличие бесшовного ►

доступа к истории болезни и ЭМК при интерпретации изображений. Наиболее эффективной и удобной реализацией такой задачи может стать обеспечение доступа к рабочему пространству через Web-клиент. Нужно отметить, что также сохраняется возможность использо-

ванием врачом-рентгенологом и привычного для него программного обеспечения для интерпретации исследований путем сохранения возможности отправки исследований из РИС или PACS в программу-просмотрщик, в котором предпочитает работать врач рентгенолог (рис. 3).

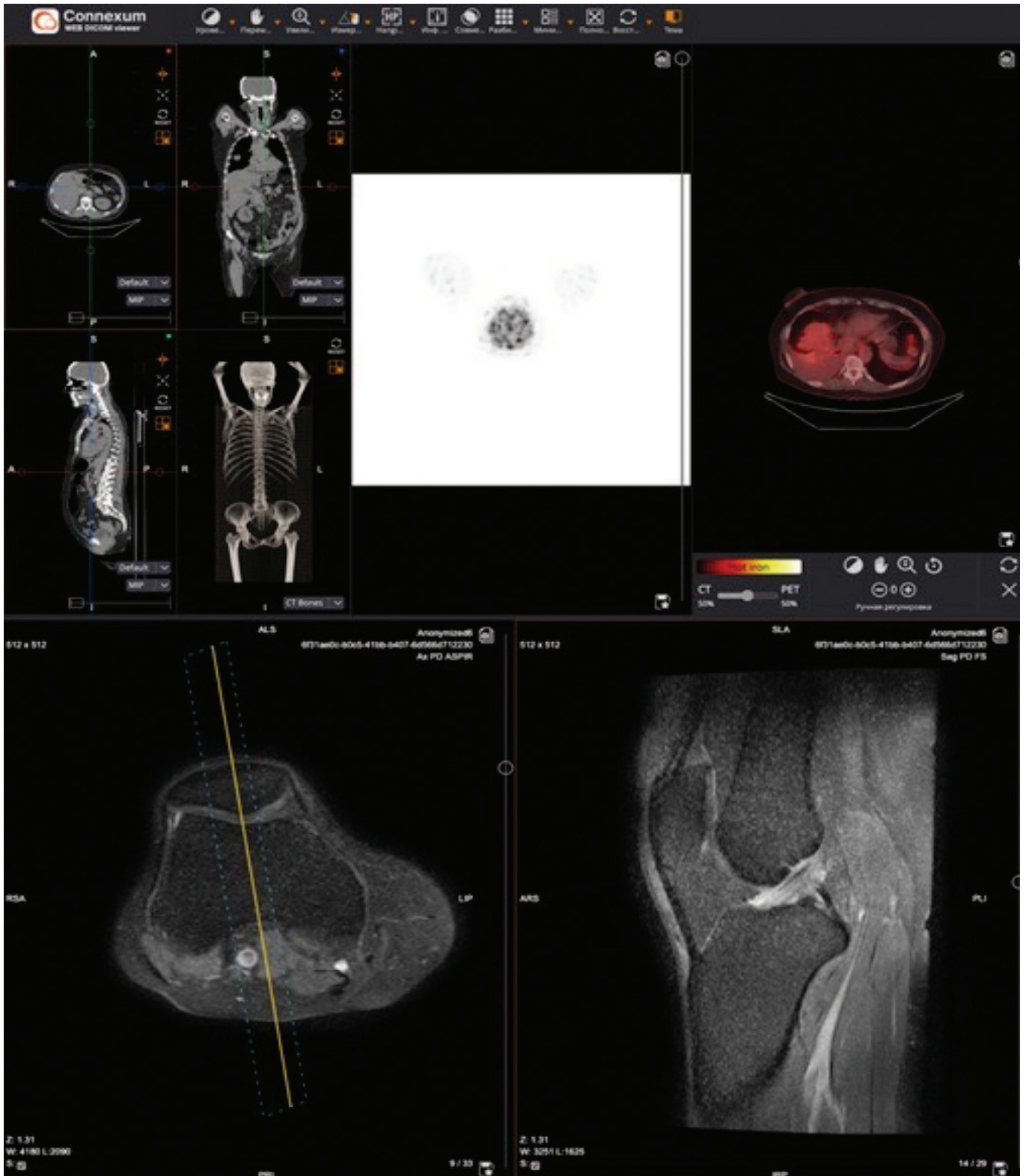


Рис. 4. Пример API-просмотрщик
 Fig. 4. Example of an API viewer

В рамках центров дистанционных описаний возможно проведения аудита или внутреннего контроля качества, направленного как на оценку качества проведения исследования, так и описания. Тем не менее для проведения данных широкомасштабных мероприятий радиологическая информационная система должна быть насыщена гибкими инструментами для аудита и возможностью формирования сводных статических данных по окончании внутреннего контроля, а также наличием сигнальных систем для заведующего отделением и врача, описывающего исследование, при найденных критических ошибках.

Современные информационные системы позволяют не только обеспечить работу врача диагноста со структурированными протоколами, а также позволяют формировать индивидуальное задание в виде рабочего списка для формирования описаний, как в автоматическом режиме (шаблонное распределение при втором чтении или двойном чтении) или в ручном режиме (распределение заведующим). Обеспечивается возможность производить мониторинг времени описания исследования, приоритезировать задания (триаж) в ручном, автоматическом (в том числе получаемых от сервисов ИИ-данных) режимах.

Задача перед будущими РИС заключается в эффективном представлении огромного и растущего объема данных, интегрированных в одну информационную систему. Залис и Харрис разработали программируемую поисковую систему для МИС, которая позволяла запрашивать медицинские записи пациентов в режиме реального времени [11]. Система сохраняла структурированные сложные запросы, фильтровала набор данных ЭМК по более определенным подмножествам и передавала результаты поиска в удобочитаемую форму, такую как веб-браузер или другое программное обеспечение. Преимущества системы были подчеркнуты примером проекта, который включал запрос, созданный для использования перед интервенционными процедурами, что в конечном итоге обеспечивает такую же удовлетворенность и точность поиска, как и ручной поиск ЭМК, при одновременном сокращении времени поиска в 8 раз. В будущем следует продолжить работу по оптимизации интеграции клинической и

рентгенографической информации. Например, предпринимаются усилия по встраиванию изображений из РИС и других систем клинической визуализации в ЭМК, что должно повысить точность и эффективность ведения пациентов при одновременном повышении удовлетворенности врачей и пациентов за счет сотрудничества и обмена информацией [12].

Активно развивается внедрение цифровых технологий в патологоанатомическую службу, технология, которая переводит в цифровой формат изображения патологоанатомических препаратов [13]. Для этого необходимы микроскопы или сканирующие средства, которые сканирует и переводит в цифровое изображение, программное обеспечение для работы с микроскопом и обработки данных и сервер хранящий в себе оцифрованные патологоанатомические препараты, таким образом к данной системе можно получить из любой географической точки, это позволяет повысить эффективность патологоанатомической службы и в особенности в тех местах, где нехватка кадров по данной специализации, что позволяет дистанционно анализировать данные помогая коллегам в проведении диагностики.

Технология сканирования и анализа гистологических изображений применяются в оценке эффективности иммунотерапии опухолей, оценке тканей до и после химиотерапии, позволяет произвести подсчет иммунцитов например при раке предстательной железы, так как у пациентов с высоким риском развития данной патологии отмечается повышение плотности опухоли инфильтрирующие В-клеток в препаратах простатэктомии, также отмечается преимущества микроскопов-сканеров перед обычными световыми микроскопами например, возможность анализа и сравнение данных, в том числе с использованием искусственного интеллекта, упрощенная демонстрация на консилиумах и при обучении студентов и врачей [14].

Диагностическая информационная система должна позволять хранить патоморфологические данные для дальнейшего анализа и постановки диагноза, данные исследования сможет получить пациент, для предоставления данных в любом медицинском учреждении, что позволит, например, минимизировать ►►

повторные биопсии, или для организации консилиумов врачей в том числе междисциплинарных, так как все необходимые данные будут в цифровом формате.

Одна из систем оцифровки и сканирования патоморфологических препаратов и дальнейшей загрузки в диагностическую систему NanoZoomer S360 Digital slide scanner C13220-01, использующую до 360 стекол и сканированием препаратов на стандартных увеличениях 20x и 40x. Скорость сканирования занимает около 30 секунд. Данный аппарат зарегистрирован как медицинское устройство и разрешен для использования на территории РФ.

Сфера теле-патоморфология (телемедицины – телепатология) – создает потребность в разработке новых технологий. Пример окна для просмотра патоморфологических исследований в диагностической системе представлен на рисунке 5.

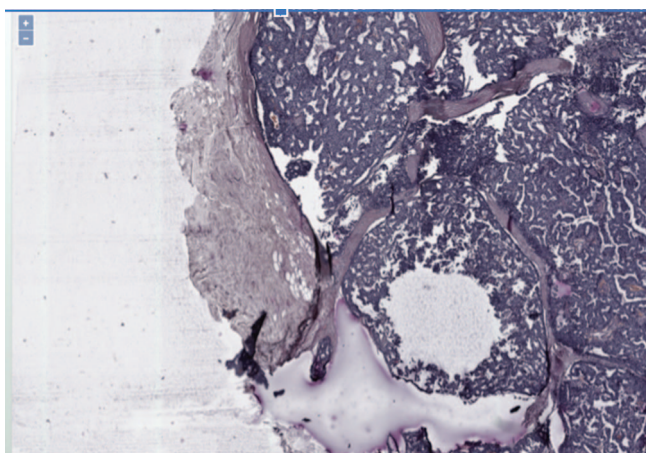


Рис. 5. Окна для просмотра патоморфологических исследований
Fig. 5. Windows for viewing of pathomorphological studies

Сложность операций внутри РИС создает многочисленные проблемы для оценки эффективности и качества работы отделений. Тем не менее хотелось бы подчеркнуть, что огромное количество доступных данных используется не в полной мере, в основном из-за множества источников данных и отсутствия удобного сбора, анализа и отображения данных. Концепция «цифровой приборной панели» использовалась во множестве других сложных систем для преодоления этих проблем, и ее применение в радиологии становится все более распространенным [15]. Общая цель панели мониторинга лучевой диагностики, как и панелей мониторинга в других системах, заключается в бы-

стром представлении данных в режиме реального времени, которые могут быть использованы для облегчения оперативных корректировок. Это заимствовано из устоявшихся принципов бизнес-аналитики и аналитики, в которых инструменты анализа данных предоставляют средства для более частого внесения небольших корректировок, основанных на фактических данных, обеспечивая повышенную прозрачность, меньшее и меньшее количество общесистемных перерывов и, теоретически, повышение эффективности и качества [16].

Доступные дашборды обширны, включая обратную связь с рентгенлаборантом, управление рабочим процессом рентгенолога и показатели качества описания отделения [15-22]. Однако существуют определенные конструктивные соображения, которые следует применять в большинстве случаев. Во-первых, эффективная панель мониторинга должна иметь возможность агрегировать и хранить данные из нескольких систем; это достигается путем извлечения из исходных систем и хранения в централизованном хранилище данных. Данные должны быть проиндексированы таким образом, чтобы они были доступны на нескольких платформах. Затем на основе этих данных выполняется аналитика и отображается в веб-графических пользовательских интерфейсах (рис. 6) [16].

Диагностическая информационная система эффективно должна справляться при большой нагрузке на систему PACS при высоком количестве исследований за сутки, в особенности во время скрининговых (диспансерных) исследований (например, скрининг рака легких или молочных желез), позволяет проводить мультимодальную диагностику при наличии у пациента КТ или ПЭТ/КТ для сравнения в динамике и для изучения на консилиумах, врачи онкологи смогут изучить патоморфологические исследования, благодаря возможности данных исследований загружать в систему и использовать не только протокол описания патоморфолога, что может способствовать поставить более точный диагноз по классификации TNM. В клинической практике диагностическая информационная система может быть полноценной медицинской подсистемой лечебного учреждения в рамках единой медицинской информационно-аналитической системой (ЕМИАС), что

позволит включить в себя все диагностические исследования, как лучевой диагностики, патоморфологии, эндоскопические исследования, функциональной диагностики.

Современную радиологическую информационную систему можно без особого труда интегрировать в медицинскую информационную систему любого лечебного учреждения с дальнейшей возможностью, идентификация поступающих результатов исследований в соответствии с регистром пациентов и сохранение их в базе данных, доступ к результатам исследований для пользователя, проведение дистанционных консультаций по результатам выполненных исследований таких, как второе мнение, поиск и просмотр истории болезни пациентов и их исследований.

Для обследуемых система также должна быть удобна, так как мы живем в эру пациент-центрированных сервисов. Пациент получает протоколы заключения и медицинские изображения в формате DICOM с помощью QR-кода

или ссылки, которые прикреплены к протоколу описания или присылаются на почту и пересылают пациента на веб-страницу личного кабинета в диагностической информационной системе с помощью чего сможет показать данные описания лечащему врачу и самостоятельно скачать DICOM файлы изображений.

Радиологи приобретают клинический опыт в каждом конкретном случае. Однако для оптимизации процесса обучения и самосовершенствования необходима обратная связь. Данная обратная связь часто приходит в форме последующих клинических данных, таких как отчеты в рамках контроля, отчеты из отделения патологии (финальный диагноз), лабораторные данные, клинические визиты и последующая визуализация, что позволяет обучаться на рабочем месте при условии, что система хранит данные всех методик. Многие системы используются для отслеживания интересных или сложных случаев с наличием напоминанием при появлении в системе данных патоморфологии ►►



Рис. 6. Дашборды, используемые в лучевой диагностике [23]
Fig. 6. Dashboards used in radiology departments [23]

(электронное письмо самому себе). Современная цифровая среда обеспечивает идеальную среду для надежных решений в области информатики и обучении в процессе работы. Будущие диагностические системы должны позволять собирать данные от данных лучевой диагностики до патоморфологии с формированием атласов патологии по анатомическим системам, что можно после анонимизации использовать в обучении студентов, ординаторов, врачей в рамках совершенствования.

■ ВОЗМОЖНОСТИ РАДИОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В РАМКАХ ИИ

В последнее десятилетие все больше растет влияние систем искусственного интеллекта (ИИ) на оказание медицинской помощи. Инструменты и сервисы на основе ИИ могут улучшить прогноз, диагностику и планирование лечения. Считается, что в ближайшем будущем ИИ станет неотъемлемой частью медицинских услуг и будет официально включен в некоторые аспекты клинической помощи. Таким образом, многие технологические компании и государственные проекты вкладывают ресурсы в создание клинических инструментов и медицинских приложений на основе ИИ, чтобы повысить качество оказания медицинской помощи и снизить расходы на здравоохранение.

При этом понимание движущих сил принятия решений и барьеров, которые приводят к отказу от использования сервисов на основе ИИ в оказании медицинской помощи, имеет основополагающее значение для поставщиков медицинских услуг и больниц, которые планируют внедрить и/или увеличить присутствие систем ИИ во время оказания медицинской помощи.

Исторически сложилось так, что медицинский сектор не интегрирует технологии так быстро, как другие отрасли. Более того, без участия, сотрудничества и одобрения заинтересованных сторон (таких как медицинские работники и пациенты) и надежной законодательной и нормативной базы интеграция ИИ в текущий медицинский рабочий процесс может быть очень сложной.

Медицинские специалисты являются одними из самых важных бенефициаров и пользователей инструментов на основе ИИ, чье восприятие

может повлиять на дальнейшее использование таких сервисов в широкой практике. Если медицинское сообщество не считает взаимодействие с тем или иным инструментом ИИ полезным, такие сервисы могут остаться неиспользованными.

Современная PACS система является связующим звеном между врачом диагностом и решениями на основе ИИ, так как позволяет автоматизированную или ручную отправку исследований в формате DICOM на анализ ИИ. После обработки сохраняется отдельная серия в виде SR-tag (structured reporting) в которой отображаются результаты обработки. Тем не менее для рентгенолога важна и визуализационная информация с наличием выделенных патологических изменений, что позволяет больше доверять таким системам.

Наиболее известные и обсуждаемые опасения в отношении медицинских сервисов на основе ИИ связаны с недоверием к технологическим механизмам ИИ, вопросами конфиденциальности, отсутствием официальных отраслевых стандартов использования ИИ в реальном клиническом процессе, формализованного взаимодействия с ними медицинских специалистов и ответственность сторон в рамках такого взаимодействия. При этом часто недооценивается важность быстрой и бесшовной интеграции сервисов ИИ в существующий рабочий процесс врача, не осложняющий установленные клинические сценарии работы. Добавление лишних шагов в процесс оказания лечебной помощи за счет необходимости переключения между различными медицинскими системами и дополнительного мануального управления сервисом ИИ провоцирует отказ от его использования на практике. Таким образом, опыт конечного взаимодействия врача с инструментом ИИ является критически важным и определяет их фактическое применение в медицинской практике.

В связи с этим на международном рынке активно развиваются решения для интеграции ИИ-экосистем в текущие клинические рабочие процессы и ИТ-инфраструктуры. Такие компании, как Osimis и MedDream предоставляют веб-инструменты просмотра DICOM и решения для медицинской визуализации, открытые для интеграции сервисов ИИ, таким образом расширяя возможности доступа к ним и использования в работе, а также облегчая процесс междисциплинарной диагностики [24, 25].

■ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Уже более 40 лет отделения лучевой диагностики первыми внедряют технологии, внедряя новейшие инновации в областях, выходящих за рамки здравоохранения, для улучшения своей клинической практики. Начиная с ранних усовершенствований серверов и баз данных, и развиваясь с помощью новых технологий и рабочих процессов, таких как удаленное распространение изображений и телерадиология, радиологические отделения находятся под постоянным давлением, требующим как автоматизации, так и совершенствования своей практики за счет инновационного использования современных информационных технологий. Радиология продолжает оставаться одной из самых высокотехнологичных клинических областей, потенциально служа ключевым испытательным полигоном для специалистов в области информационных технологий, стремящихся улучшить качество, эффективность и уход за пациентами за счет улучшения доступа к соответствующим клиническим данным и инновационным программным средствам. Сами радиологи могут тратить больше времени, чем врачи любой другой специальности, непосредственно взаимодействуя с компьютерными системами при оказании помощи пациентам, и у них есть все воз-

можности для того, чтобы возглавить трансформацию медицины с помощью электронных медицинских карт, которая в настоящее время осуществляется. Мы считаем, что практика радиологии будет продолжать развиваться благодаря инновационным технологиям и что существует несколько перспективных областей возможностей для тех, кто хочет улучшить уход за пациентами как в радиологии, так и во всей системе здравоохранения.

С развитием высоких технологий появилась возможность создать единую информационную систему для медицинских организаций, которая отвечает современным запросам в здравоохранении, такие как высокая скорость загрузки данных и изображений, повышение эффективности лечебно-диагностических мероприятий, сокращение затрат времени на анализ исследований, что приводит к увеличению количества анализа проводимых исследований, способствует уменьшению нагрузки на бюджет лечебного учреждения. Медицинские организации, использующие данную систему, получают возможность использования системы для оказания помощи «в полевых» условиях или сельской местности при условии наличия не скоростного кабельного или мобильного интернета. //

ЛИТЕРАТУРА

- Ash JS, Bates DW. Factors and forces affecting EHR system adoption: report of a 2004 ACMI discussion. *J Am Med Inform Assoc* 2005;12:8–12.
- Nance Jr JW, Meenan, Ch, Nagy PG. The future of the radiology information system. *Am J Roentgenol* 2013;200(5):1064–70.
- Владимирский А.В., Морозов С.П. Ликбез по телерадиологии. [Электронный ресурс]. URL: <https://medvestnik.ru/content/articles/Likbez-po-teleradiologii.html>
- Morozov SP, Vladzimirsky AV, Ledikhova NV. Teleradiology in the Russian Federation: state-of-art. *Information Technologies for the Physician* 2019;2:67–73.
- Morozov S.P., Shelekhov P.V., Vladzimirsky A.V. Modern approaches to the radiology service improvement. *Clinical Gerontology* 2019;56:30–34.
- Rosenkrantz A.B., Hanna T.N., Steenburg S.D., Tarrant MJ, Pyatt RS, Friedberg EB. The current state of teleradiology across the united states: A national survey of radiologists' habits, attitudes, and perceptions on teleradiology practice. *J Am College Radiol* 2019;16(12):1677–1687.
- Bates DW, Gawande AA. Improving safety with information technology. *N Engl J Med* 2003;348:2526–2534.
- Berner ES, Detmer DE, Simborg D. Will the wave finally break? A brief view of the adoption of electronic medical records in the United States. *J Am Med Inform Assoc* 2005;12:3–7.
- Jha AK, DesRoches CM, Campbell EG, Donelan K, Rao SR, Ferris TG, et al. Use of electronic health records in U.S. hospitals. *N Engl J Med* 2009;360:1628–1638.
- Middleton B, Hammond WE, Brennan PF, Cooper GF. Accelerating U.S. EHR adoption: how to get there from here: recommendations based on the 2004 ACMI retreat. *J Am Med Inform Assoc* 2005;12:13–19.
- Zalis M, Harris M. Advanced search of the electronic medical record: augmenting safety and efficiency in radiology. *J Am Coll Radiol* 2010;7:625–633.
- Ratib O, Swiernik M, McCoy JM. From PACS to integrated EMR. *Comput Med Imaging Graph* 2003;27:207–215.
- Niazi MKK, Parwani AV, Gurcan MN. Digital pathology and artificial intelligence. *Lancet Oncol* 2019;20(5):e253–61.
- Лебедев Г.С., Шадеркин И.А., Тertychny А.С., Шадеркина А.И. Цифровая патоморфология: создание системы автоматизированной микроскопии. *Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения* 2021;7(4):27–47. [Lebedev G.S., Shaderkin I.A., Tertychny A.S., Shaderkina A.I. Digital pathomorphology: creation of an automated microscopy system. *Russian Journal of Telemedicine and E-Health* 2021;7(4):27–47. (In Russian)]. <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2021-7-4-27-47>.
- Morgan MB, Branstetter BF 4th, Mates J, Chang PJ. Flying blind: using a digital dashboard to navigate a complex PACS environment. *J Digit Imaging* 2006;19:69–75.
- Nagy PG, Warnock MJ, Daly M, Toland Ch, Meenan ChD, Mezrich RS. Informatics in radiology: automated Web-based graphical dashboard for radiology operational business intelligence. *Radio-Graphics* 2009;29:1897–1906.
- Minnigh TR, Gallet J. Maintaining quality control using a radiological digital X-ray dashboard. *Journal of digital imaging* 2009;84–88.
- Nagy PG, Pierce B, Otto M, Safdar NM. Quality control management and communication between radiologists and technologists. *J Am College Radiol* 2008;7:59–765.
- Awan OA, Wagenberg F, Daly M, Safdar N, Nagy P. Tracking delays in report availability caused by incorrect exam status with web-based issue tracking: A quality initiative. *Journal of digital imaging* 2011;300–307.
- Chen R, Mongkolwat P, Channin DS. RadMonitor: radiology operations data

ЛИТЕРАТУРА

mining in real time. *Journal of Digital Imaging* 2008;21:257–268.

21. Morgan MB, Branstetter BF 4th, Lionetti DM, Richardson JS, Chang PJ. The radiology digital dashboard: effects on report turnaround time. *Journal of Digital Imaging* 2008;21:50–58.

22. Seltzer SE, Kelly P, Deibel GM, Ros P. Radiology quality and performance metrics on the Web: a management information and communications tool. *Academic radiology* 2000;7:981–985.

23. Europe PMC. [Electronic resource]. URL: <https://europepmc.org/articles/PMC5114222/figure/Fig3/>

24. Osimis. [Official Website]. [Electronic resource]. URL: <http://www.osimis.io/> [Accessed: 13-Aug-2018].

25. DICOM Viewer Open to Medical Artificial Intelligence. [Electronic resource]. URL: <https://www.softneta.com/solutions/dicom-viewer-open-to-medical-artificial-intelligence/> (Accessed: 25 march 2023).

Сведения об авторах:

Бажанов А.Г. – заместитель начальника Информационного Вычислительного центра, IT-департамент, ООО «Телерадиология и Информационные Системы», <https://orcid.org/0000-0002-6422-966X>; Владимир, Россия

Соловьев А.В. – врач-рентгенолог, отделение лучевой диагностики, ГБУЗ «Морозовская детская городская клиническая больница Департамента здравоохранения города Москвы», <https://orcid.org/0000-0003-4485-2638>; Москва, Россия

Чернов А.О. – сотрудник IT-департамента, ООО «Телерадиология и Информационные Системы», <https://orcid.org/0000-0001-5576-9771>; Владимир, Россия

Ушаков В.Е. – сотрудник IT-департамента, ООО «Телерадиология и Информационные Системы», <https://orcid.org/0000-0003-4029-8115>; Владимир, Россия

Шапиев А.Н. – научный сотрудник, отдел ДПО, ГБУЗ «Морозовская детская городская клиническая больница Департамента здравоохранения города Москвы», <https://orcid.org/0000-0002-1890-6711>; Москва, Россия

Соколова Е.В. – сотрудник ООО «Сбер», Лаборатория по Искусственному Интеллекту, <https://orcid.org/0000-0002-9985-1328>, Москва, Россия

Гомболевский В.А. – сотрудник АНО «Институт искусственного интеллекта», <https://orcid.org/0000-0003-1816-1315>; Москва, Россия

Дробаха В.Е. – рентгенолог, к.м.н., научный сотрудник ФГБОУ ВО «ПГМУ им. ак. Е.А. Вагнера» Минздрава России, <https://orcid.org/0000-0001-8523-2692>; Пермь, Россия

Николаев А.Е. – сотрудник IT-департамента, ООО «Телерадиология и Информационные Системы», <https://orcid.org/0000-0001-5151-4579>; Владимир, Россия

Вклад авторов:

Бажанов А.Г. – дизайн исследования, определение научного интереса, 20%

Соловьев А.В. – литературный обзор, определение научного интереса, 10%

Чернов А.О. – литературный обзор, написание текста, 10%

Ушаков В.Е. – литературный обзор, написание текста, 10%

Шапиев А.Н. – дизайн исследования, написание текста, 10%

Соколова Е.В. – подготовка научных литературных источников, 10%

Гомболевский В.А. – написание текста, 10%

Дробаха В.Е. – написание текста, 10%

Николаев А.Е. – написание текста, 10%

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: Исследование проведено без спонсорской поддержки.

Статья поступила: 07.02.23

Рецензирование: 01.03.23

Результаты рецензирования: 05.03.23

Принята к публикации: 10.03.23

Information about authors:

Bazhanov A.G. – Deputy Head of the Information Computing Center, IT Department, Teleradiology and Information Systems LLC, <https://orcid.org/0000-0002-6422-966X>; Vladimir, Russia

Soloviev A.V. – radiologist, radiology department, Morozov Children's City Clinical Hospital of the Moscow City Health Department, <https://orcid.org/0000-0003-4485-2638>; Moscow, Russia

Chernov A.O. – employee of the IT department, Teleradiology and Information Systems LLC, <https://orcid.org/0000-0001-5576-9771>; Vladimir, Russia

Ushakov V.E. – employee of the IT department, Teleradiology and Information Systems LLC, <https://orcid.org/0000-0003-4029-8115>; Vladimir, Russia

Shapiev A.N. – researcher, department of further vocational education, Morozov Children's City Clinical Hospital of the Moscow City Health Department, <https://orcid.org/0000-0002-1890-6711>; Moscow, Russia

Sokolova E.V. – employee of Sber LLC, Artificial Intelligence Laboratory, <https://orcid.org/0000-0002-9985-1328>, Moscow, Russia

Gombolevisky V.A. – an employee of the ANO Institute of Artificial Intelligence, <https://orcid.org/0000-0003-1816-1315>; Moscow, Russia

Drobakha V.E. – radiologist, candidate of medical sciences, researcher of FSBEI HE "PSMU named after ak. E.A. Wagner" of the Russian Ministry of Health, <https://orcid.org/0000-0001-8523-2692>; Perm, Russia

Nikolaev A.E. – employee of the IT department, Teleradiology and Information Systems LLC, <https://orcid.org/0000-0001-5151-4579>; Vladimir, Russia

Authors contributions:

Bazhanov A.G. – study design, definition of scientific interest, 20%

Soloviev A.V. – Literature review, definition of scientific interest, 10%

Chernov A.O. – literature review, text writing, 10%

Ushakov V.E. – literature review, text writing, 10%

Shapiev A.N. – study design, text writing, 10%

Sokolova E.V. – preparation of scientific literary sources, 10%

Gombolevisky V.A. – writing text, 10%

Drobakha V.E. – writing text, 10%

Nikolaev A.E. – writing text, 10%

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

Financing. The study was performed without external funding.

Received: 07.02.23

Reviewing: 01.03.23

Peer review results: 05.03.23

Accepted for publication: 10.03.23