



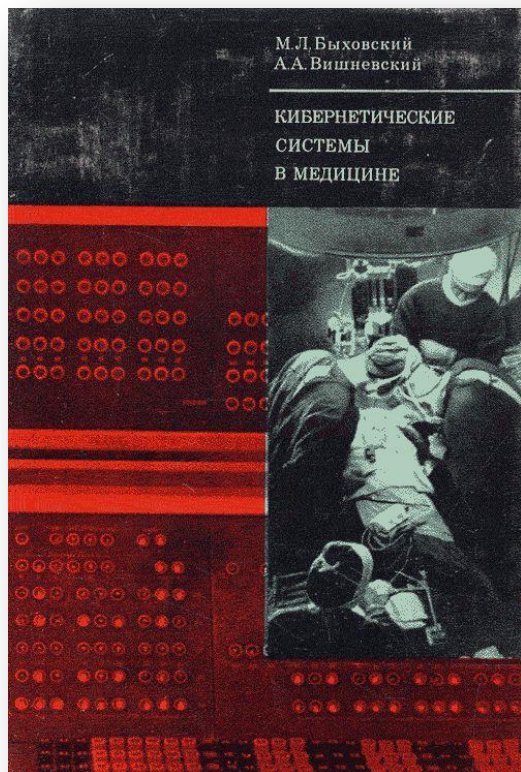
ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В МЕДИЦИНСКОЙ ПРОФИЛАКТИКЕ: ОТ АВТОМАТИЗАЦИИ ДО АВТОНОМНОСТИ

Антон Вячеславович ВЛАДЗИМИРСКИЙ
Центр диагностики и телемедицины ДЗМ,
Заместитель директора по научной работе, д.м.н.





Автоматизации профилактических исследований >50 лет



Прежде всего отметим те области, где диагностика с помощью математических машин может оказаться весьма эффективной. Во-первых, это массовая первичная диагностика больших групп населения. Здесь необходимо перерабатывать огромное количество информации с тем, чтобы дать квалифицированное заключение о состоянии каждого человека, проходящего диспансеризацию. Исходные данные для заключения, как правило, представляют собой результаты обычных стандартных исследований. Массовость и необходимость ставить заключение по не очень информативным признакам делают применение математических машин чрезвычайно плодотворным.

Вторая область, где применение машин очень полезно, — это тонкая диагностика в трудных случаях, особенно если они связаны с последующим хирургическим вмешательством и необходимостью проведения тяжелых для больного исследований. Применение математических машин позволяет не только уточнить диагноз по большому количеству иногда малозначащих признаков, но и избежать проведения некоторых тяжелых видов обследования.

1971



**Александр
Александрович
ВИШНЕВСКИЙ**
(1906-1975)



1. Дефицит:

- кадров
- компетенций (исследования молочной железы – отдельная субспециализация)



2. Некорректное финансирование:

- фактическая оплата одной услуги вместо двух
- недофинансирование пагубно влияет на работу медицинских организаций и социальную ситуацию



3. Риски:

- приписки
- пропуски значимой патологии
- высокие сроки ожидания результатов



4. Необходимость увеличения охвата населения

(вплоть до 100% лиц, подлежащих профилактическому осмотру):

- несоответствие кадровых ресурсов спросу
- наращивание парка оборудования не устраняет проблему
- полная оплата двух услуг резко повысит затраты системы здравоохранения



Указ Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490

«О РАЗВИТИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ»



Использование технологий искусственного интеллекта **В СОЦИАЛЬНОЙ СФЕРЕ** способствует созданию условий для улучшения уровня жизни населения, в том числе за счет: **ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА УСЛУГ В СФЕРЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ**, включая

- профилактические обследования,
- диагностику, основанную на анализе изображений,
- прогнозирование возникновения и развития заболеваний,
- подбор оптимальных дозировок лекарственных препаратов,
- сокращение угроз пандемий,
- автоматизацию и точность хирургических вмешательств



Московский эксперимент по использованию технологий компьютерного зрения в лучевой диагностике



>10,5 млн
исследований

>20
клинических направлений

>150
медицинских учреждений

~1 500
рентгенологов

24
ИИ-разработчика

~230
датасетов

~50
ИИ-сервисов

5
комплексных сервисов

- АЙРА Лабс
- Университет Иннополис
- Медицинские технологии ЛТД
- Гаммамед-Софт
- Интел Diagnostик
- Интеллоджик
- Айрим
- Медицинские скрининг системы
- ФтизисБиоМед
- КэреМенторЭйАй
- Радлоджикс Рус
- Имвижн
- СиВижинЛаб
- Синапс Тех
- Оксиджен
- Технолоджиес Рус
- АртВижн
- Эспер
- ВижнЛабс
- Сайберия
- СберМедИИ
- Эирвэй ии
- Ком-Арт
- СППР
- Платформа Третье Мнение

К Эксперименту присоединяются регионы РФ – через HUBTelemед подключен **Ямало-Ненецкий автономный округ**

14 медицинских организаций
36 000 исследований

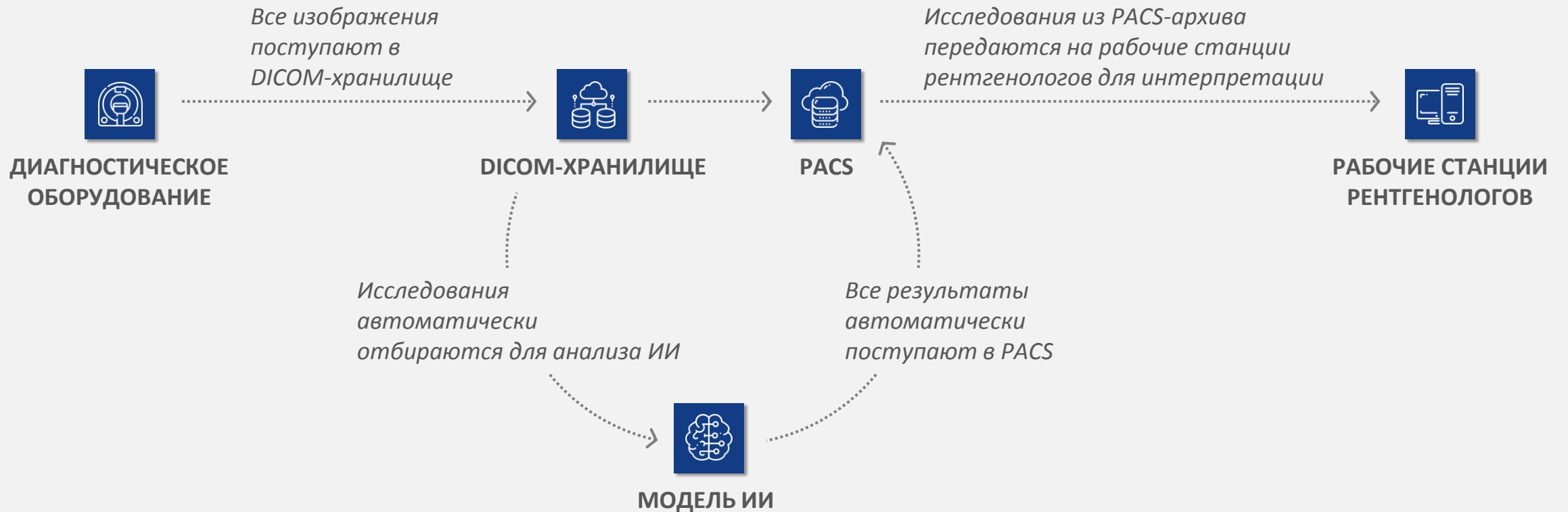


Присоединяйтесь к Московскому эксперименту!

mosmed.ai | hub.telemedai.ru



Рабочий процесс применения ИИ





В соответствии с базовыми **ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ** требованиями:

1. принять исследование из ЕРИС ЕМИАС
2. проанализировать исследование в установленное время (SLA)
3. маркировать обнаруженную патологию на изображении
4. результаты анализа поместить в ЕРИС ЕМИАС в виде дополнительной серии (изображение) и проекта заключения (DICOM SR)
5. сопроводить результаты анализа предусмотренной информацией (вероятность наличия патологии, предупреждения и т.д.)
6. категорически не изменять исходное диагностическое изображение, метаданные и всю сопроводительную информацию

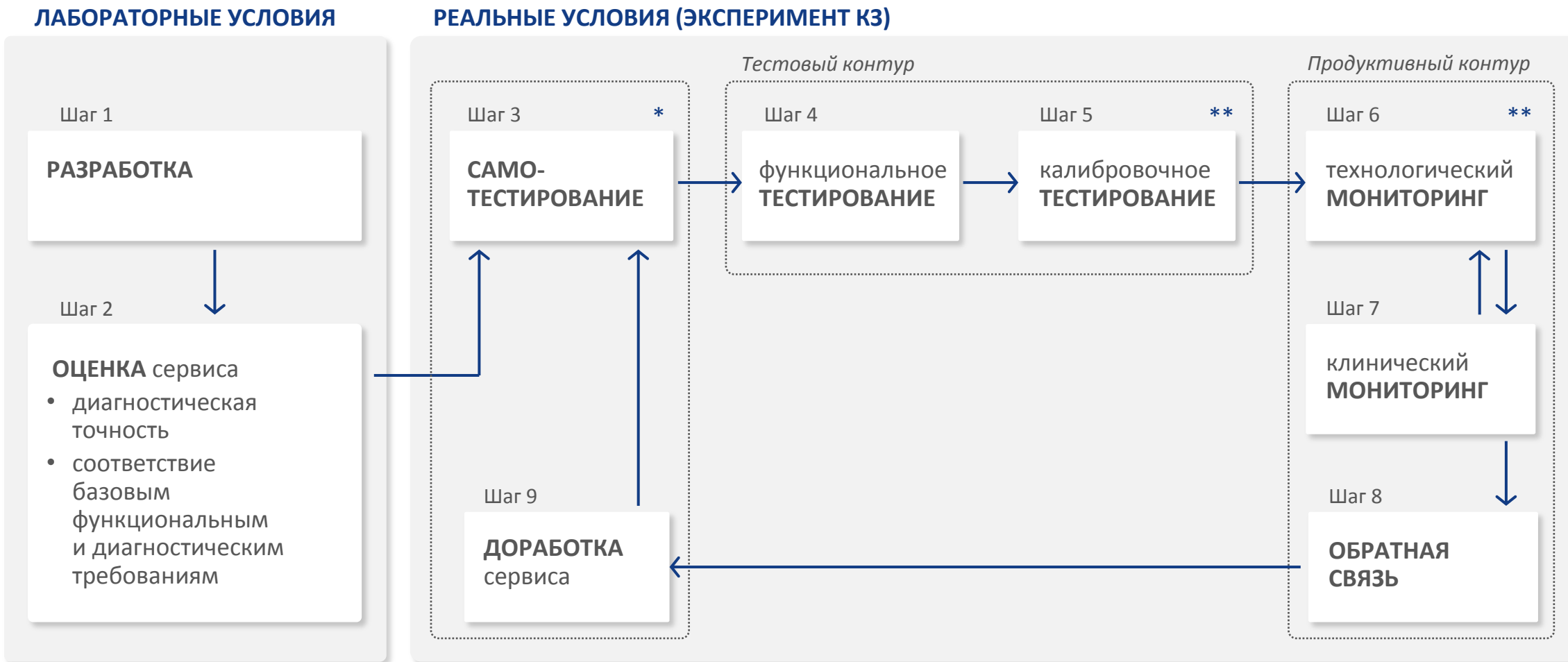


В соответствии с базовыми **ДИАГНОСТИЧЕСКИМИ** требованиями:

1. выявить патологию
2. классифицировать патологию
3. провести морфометрию
4. сформировать проект описания результатов лучевого исследования
5. в рабочем списке врача отметить исследования с выявленной патологией



Жизненный цикл ИИ-сервиса в медицинской диагностике



* Зона ответственности разработчика ИИ-сервиса

** Зона ответственности Центра диагностики и телемедицины ДЗМ



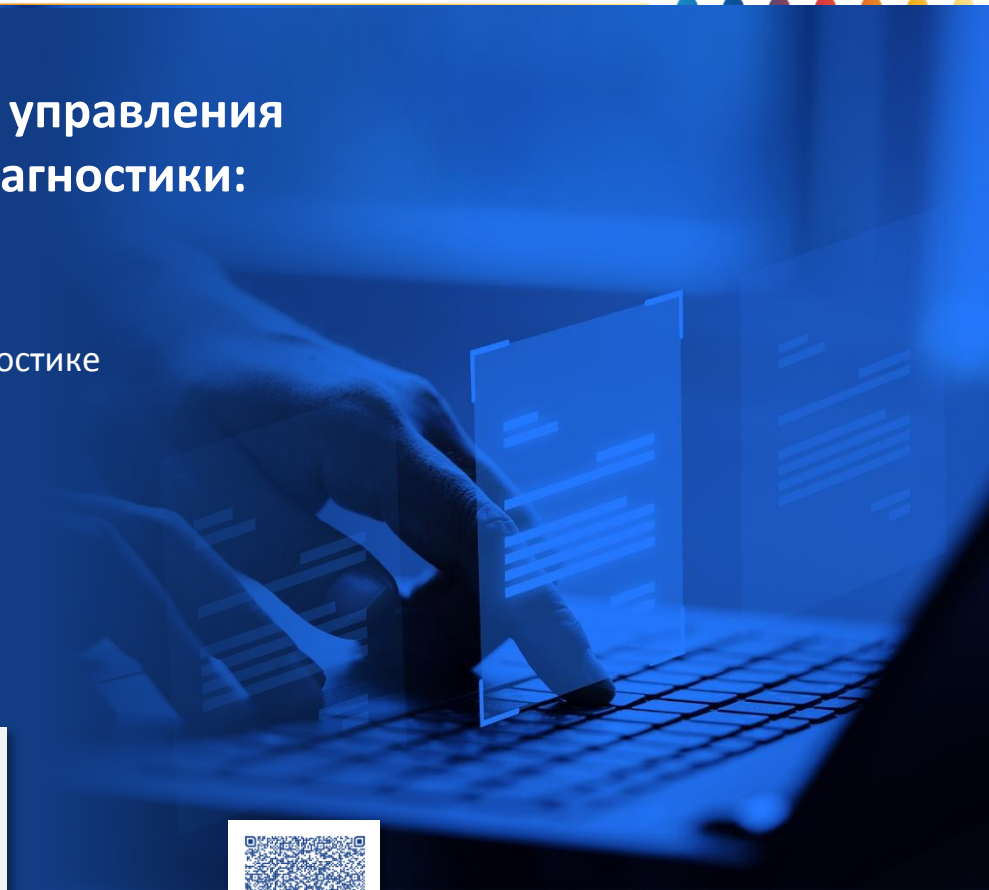
Основополагающие принципы стандартизации и систематизации информации о наборах данных



Оригинальная технология структуризации и систематизации управления медицинскими наборами данных для инструментальной диагностики:



- Терминология
- Структура реестра наборов данных в медицинской инструментальной диагностике
- Классификация наборов данных по цели их создания
- Классификация методов верификации данных
- Принципы формирования названий



NB!



Обоснование размера выборки набора данных



Глобальный опыт регулирования



Васильев с соавт., 2023, DOI:
10.21045/1811-0185-2023-4-28-41



Сравнение инструментов разметки диагностических изображений



Функция/характеристика		3D Slicer	ITK-SNAP	MITK	Medseg	Supervisely	CVAT
Общие характеристики							
Open source		да	да	да	нет	нет	да
Веб-приложение		нет	нет	нет	да	да	да
Возможность установить локально		да	да	да	нет	в расширенной версии	да
Добавление пользовательских модулей		да	да	да	нет	да	да
Менеджмент процесса распределённой разметки		нет	нет	нет	нет	да	да
Сложность установки		низкая	низкая	низкая	—	—	высокая
Системные требования	RAM (минимум/рекомендовано), количество ядер	4/8 Gb	2/4 Gb	—	—	8/32 Gb CPU 4/8 ядер	—
	ОС (операционная система)	Windows, macOS, Linux	Windows, macOS, Linux	Windows, macOS, Linux	—	Linux	Windows, macOS, Linux
	Разрешение экрана	1024×768/1280×1024	1024×768/1280–1024)	—	—	—	—
	Дополнительно (рекомендовано)	наличие GPU	наличие GPU	—	Google Chrome, наличие GPU	Диск 200 Gb SSD наличие GPU	наличие GPU
Поддержка форматов медицинских изображений, загрузка файлов							
Поддержка основных форматов медицинских изображений		+	+	+	—	—	—
Возможность загружать несколько изображений и сегментаций		+	+	+	—	+/-	—
Одновременная работа с несколькими сегментациями для одного изображения		+	+/-	+	—	—	—
Иерархическая структура представления загруженных файлов		+	—	+	—	—	—

Сегментация – **3D Slicer**
 Детекция – **Supervisely, CVAT**

Автоматическая сегментация некоторых видов патологии и органов – **3D Slicer (расширения), Medseg (готовые модели)**



Васильев с соавт., 2023,
 DOI: 10.17816/KMJ349060.



Средний уровень точности врача-рентгенолога



Многократное тестирование на верифицированном наборе данных

Модальности:

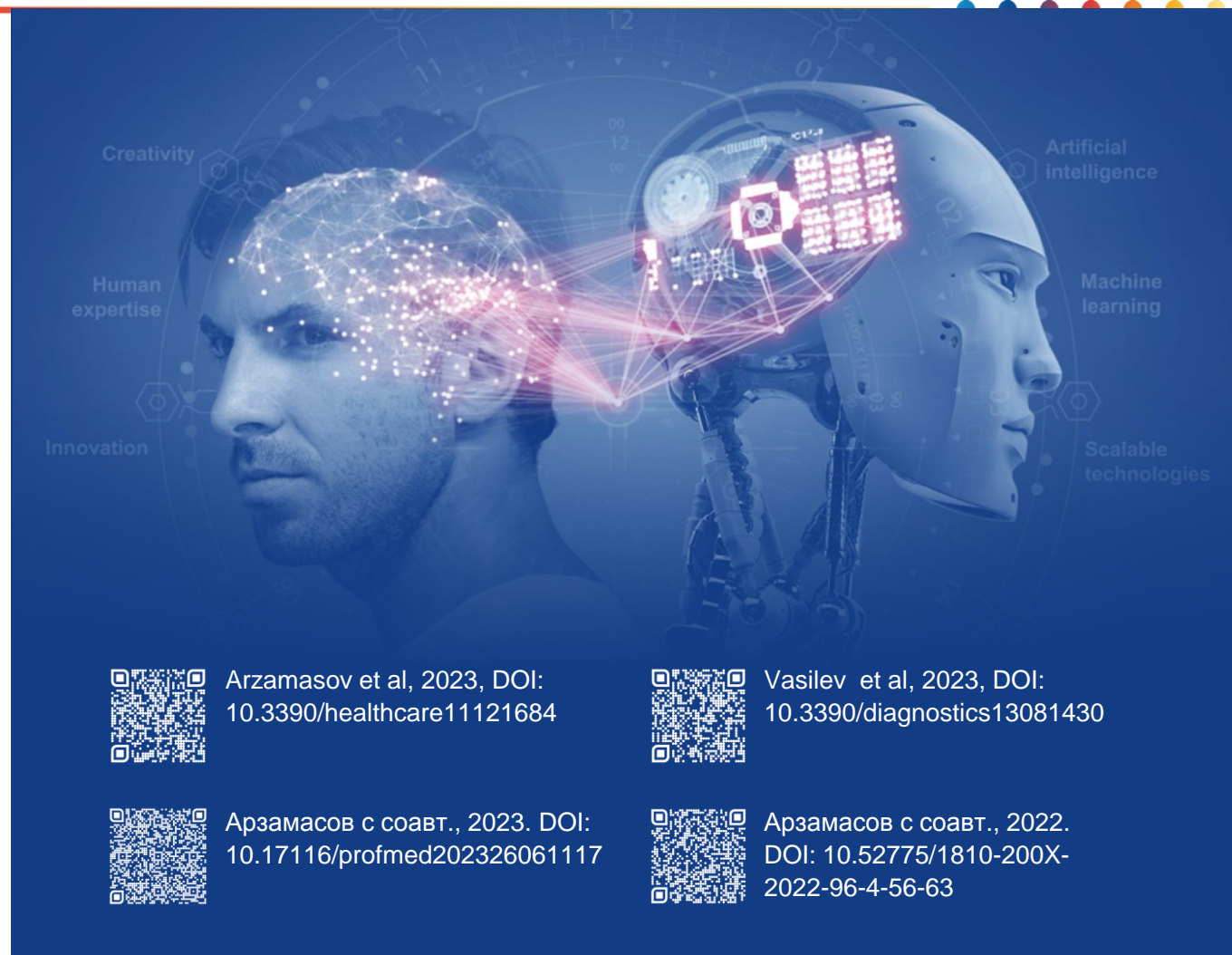


маммография, рентгенография (флюорография) органов грудной клетки

Выборка:

367 врачей-рентгенологов*, сбалансирована по стажу

Метрики точности	Модальность		
	ММГ	РГ	ФЛГ
AUROC	0,93	0,96	0,97
95% ДИ	0,88-0,98	0,93-1,0	0,94-1,0
Чувствительность	0,79	0,9	1,0
95% ДИ	0,78-0,91	0,82-0,99	1,0-1,0
Специфичность	0,94	0,96	0,91
95% ДИ	0,88-1,0	0,9-1,0	0,83-0,99



* Аналогичные зарубежные исследования <20 (в среднем 4-5)



Рак молочной железы*:

1. ведущая онкологическая патология у женского населения (20,9%)

2. стойкий рост заболеваемости в течение 10 лет

3. первое место в структуре смертности от злокачественных новообразований женского населения (16,2%)

Скрининг РМЖ включен в программу **регулярных профилактических осмотров населения**



Основной метод:
маммография (женщины в возрасте 40-75 лет)

Результаты каждого исследования должны быть **независимо описаны** двумя врачами-рентгенологами («двойной просмотр»)



Двойной просмотр:

- обязателен в соответствии с действующими нормативно-правовыми актами РФ,
- однократный просмотр снижает чувствительность по сравнению с двойным просмотром для всех категорий BI-RADS**,
- отказ от двойного просмотра имеет негативные последствия для обследуемых женщин**

*Каприн с соавт., 2019

** Euler-Chelpin et al, 2018, Chen et al, 2022



Решение: автоматизация первого просмотра



Два мета-анализа:

- Hickman et al, 2022
- Liu et al, 2022

Московский Эксперимент (2023)

Анализ маммографии	Чувствительность	Специфичность
 Двойной просмотр врачами	0,72-0,73	0,88-0,98
 Искусственный интеллект	0,76-0,92	0,90-0,92
 Искусственный интеллект	0,85-0,97	0,6*-0,85

2020 (ретроспективно)	2020 (проспективно)	2021	2022
0,89	0,68	0,74	0,77



* Для сортировки скрининговых исследований возможна настройка: 100% чувствительность, 60% специфичность



Схема двойного чтения маммографии с применением ИИ в Москве

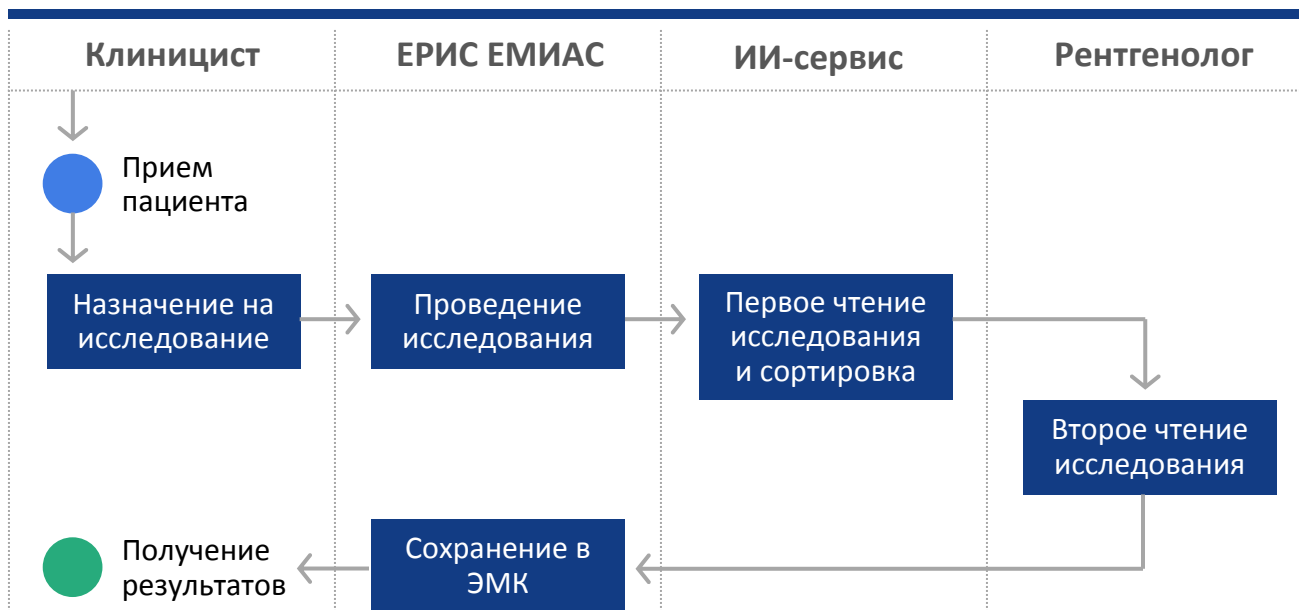


1. ИИ-сервис проводит первое описание ММГ
2. Врач-рентгенолог проводит второй просмотр исследования, используя результаты триажа, разметку и заключение ИИ

↓
В случае расхождения заключений ИИ и врача – приоритет у врача

С 01.01.2023 в приложение 6 к Тарифному соглашению добавлена услуга 1601 «Описание и интерпретация данных маммографического исследования с использованием искусственного интеллекта»

ОПИСАНИЕ ММГ «ВРАЧ + ИИ»



3,5 мин.* время на проведение двойного просмотра ИИ + врач



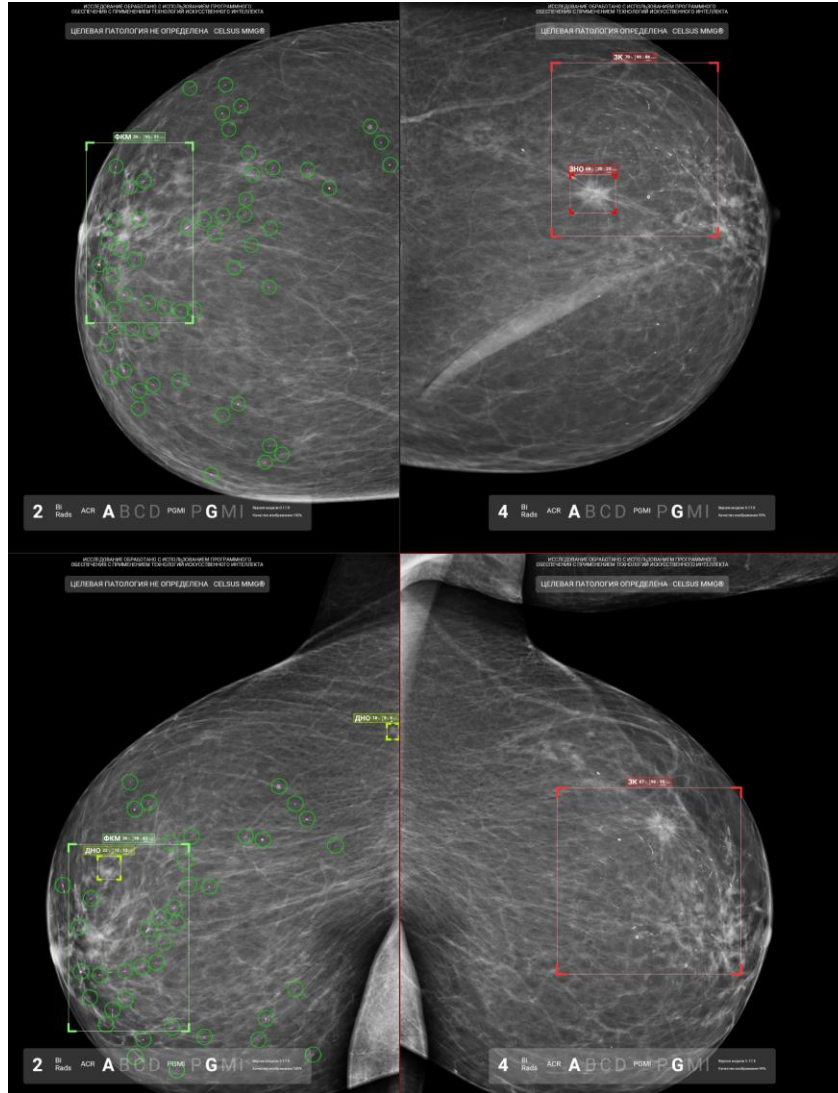
85%** - точность ИИ-сервиса

* Выборка с 27.02.2023 по 19.03.2023. Количество исследований: 21 234

** По результатам научно-практического исследования ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ». Рукопись подана в журнал «Двойной просмотр результатов маммографии с применением технологий искусственного интеллекта: новая модель организации массовых профилактических исследований»



ИИ формирует полное описание и заключение, аналогичное врачам



Описание:

Область целевой патологии выделена красным боксом с лейблом и аббревиатурами ЗНО и ЗК.
Вероятность патологии - 0,95

Сторона L: Структура молочной железы по ACR - A. Молочная железа практически полностью жировой плотности. Маммография обладает высокой чувствительностью

Вероятность наличия злокачественных изменений в молочной железе - 0,95

Проекция: CC

Определены:

Злокачественный кальцинат, вероятность находки - 0,70, вероятность злокачественности - 0,70, площадь 7740 кв. мм, высота = 90 мм, ширина = 86 мм
Злокачественное новообразование, вероятность находки - 0,68, вероятность злокачественности - 0,68, площадь 460 кв. мм, высота = 20 мм, ширина = 23 мм

Проекция: MLO

Определены:

Злокачественный кальцинат, вероятность находки - 0,67, вероятность злокачественности - 0,67, площадь 9120 кв. мм, высота = 96 мм, ширина = 95 мм

Сторона R: Структура молочной железы по ACR - A. Молочная железа практически полностью жировой плотности. Маммография обладает высокой чувствительностью

Вероятность наличия злокачественных изменений в молочной железе - 0,34

Проекция: CC

Определены:

Доброкачественное новообразование (фиброзно-кистозная мастопатия), вероятность находки - 0,26, площадь 5115 кв. мм, высота = 93 мм, ширина = 55 мм

Проекция: MLO

Определены:

Доброкачественное новообразование, вероятность находки - 0,18, площадь 48 кв. мм, высота = 8 мм, ширина = 6 мм

Доброкачественное новообразование (фиброзно-кистозная мастопатия), вероятность находки - 0,36, площадь 5952 кв. мм, высота = 96 мм, ширина = 62 мм

Доброкачественное новообразование, вероятность находки - 0,22, площадь 144 кв. мм, высота = 12 мм, ширина = 12 мм

Оценка категории по диагностической шкале BI-RADS: для правой молочной железы BI-RADS 2, для левой молочной железы BI-RADS 4

Скрининг оценка категории: для правой молочной железы BI-RADS 2, для левой молочной железы BI-RADS 0

Заключение:

Вероятность патологии - 0,95.

Оценка категории по диагностической шкале BI-RADS: для правой молочной железы BI-RADS 2, для левой молочной железы BI-RADS 4

Скрининг оценка категории: для правой молочной железы BI-RADS 2, для левой молочной железы BI-RADS 0

Сторона L: Тип плотности по ACR - A.

Выявлены признаки злокачественных изменений в левой молочной железе

Сторона R: Тип плотности по ACR - A.

Признаки злокачественных изменений в правой молочной железе не выявлены



Таблица соответствия BI-RADS шкал

Скрининговая категория	Диагностическая категория	Характеристика
0	3, 4, 5	Подозрительные находки, требуются дополнительные обследования
1	1	Без находок (норма)
2	2	Доброкачественные находки



Сервисы искусственного интеллекта используют **скрининговую шкалу BI-RADS** (от 0 до 2)



В клинической практике в подавляющем большинстве случаев **врачи** используют **диагностическую шкалу BI-RADS** (от 0 до 6)



Анализ первых 10000 маммографических исследований



Точность ИИ достигла **84 %**, при оценке первых 10000 маммографических исследований

Шкала оценки исследований	ПО на основе ТИИ относительно врача-рентгенолога				Кол-во исследований
	AUC	Чувствительность	Специфичность	Точность	
Бинарная шкала 1* с категорией BI-RADS 3 в группе «норма»	0,792	0,74	0,844	0,84	9684
Бинарная шкала 2** без категории BI-RADS 3	0,82	0,834	0,806	0,807	6815
Шкала BI-RADS	0,65	0,85	0,846	0,83	9684

* Chang Sen LQ, Mayo RC, Lesslie MD, Yang WT, Leung JWT. Impact of Second-Opinion Interpretation of Breast Imaging Studies in Patients Not Currently Diagnosed With Breast Cancer. *J Am Coll Radiol.* 2018;15(7):980-987.e1. doi:10.1016/j.jacr.2018.03.055

** Coolen AMP, Lameijer JRC, Voogd AC, et al. Characteristics of screen-detected cancers following concordant or discordant recalls at blinded double reading in biennial digital screening mammography. *Eur Radiol.* 2019;29(1):337-344. doi:10.1007/s00330-018-5586-9



Работа ИИ в ММГ в рамках ОМС



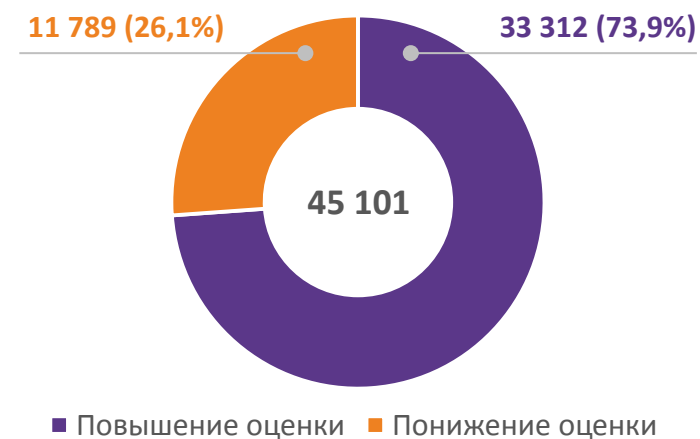
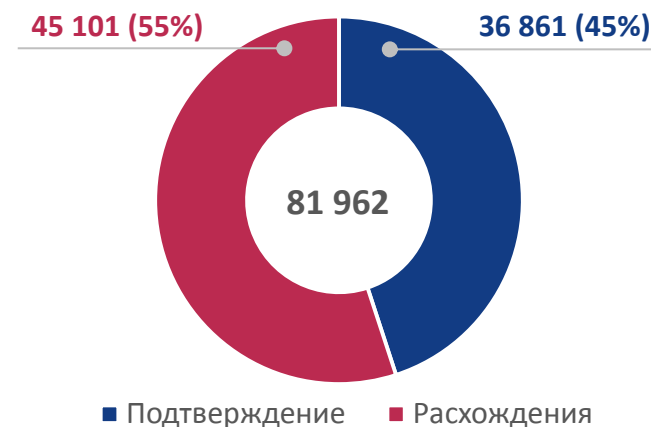
Период	Количество исследований ММГ в АПЦ, всего	Из них	
		Профилактическая ММГ	Диагностическая ММГ
февраль-апрель 2023	164 984	101 318 (61%)	63 666 (39%)

Показатели работы ИИ в рамках ОМС (профилактическая ММГ)					
Период работы ИИ-сервиса	Количество исследований, всего	Количество обработанных исследований ИИ-сервисом	Доля обработанных исследований ИИ-сервисом	СОВПАДЕНИЯ Врач/ИИ	РАСХОЖДЕНИЯ Врач/ИИ
февраль-апрель 2023	101 318	81 962*	81%	36 861 (45%)	45 101 (55%)

Количество исследований		
РАСХОЖДЕНИЯ Врач/ИИ, ВСЕГО	Повышение оценки ИИ-сервисом	Понижение оценки ИИ-сервисом
45 101	33 312 (73,9%)	11 789 (26,1%)

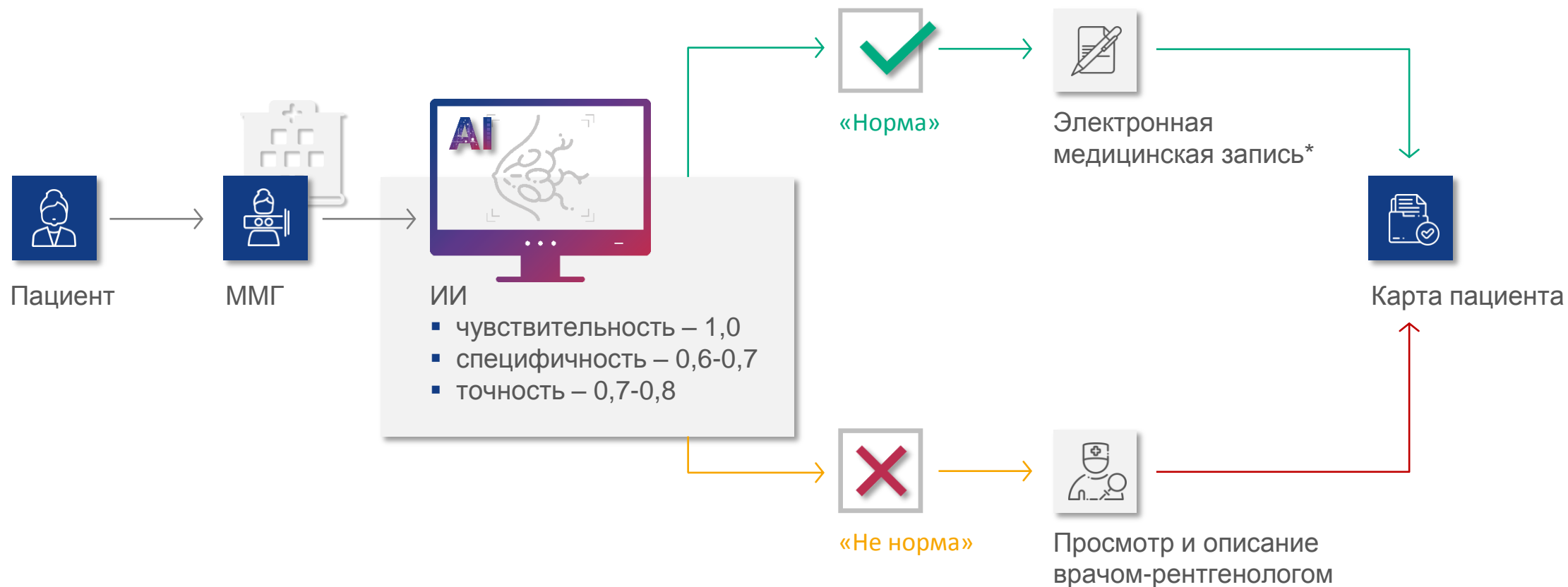
Количество исследований		
Понижение оценки ИИ-сервисом	КРИТИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫЕ Врач BI-RADS 4,5/ИИ BI-RADS 1,2	НЕЗНАЧИМЫЕ или не повлияли на тактику лечения
11 789	191 (2%)	11 597 (98%)

*только исследования с типом оплаты - ОМС



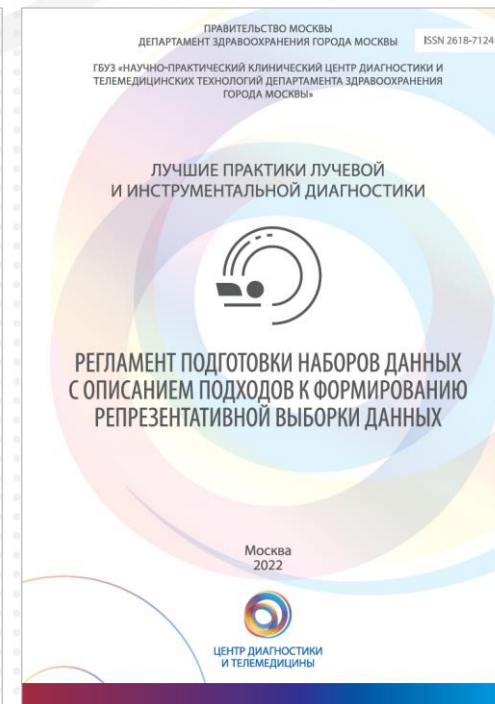
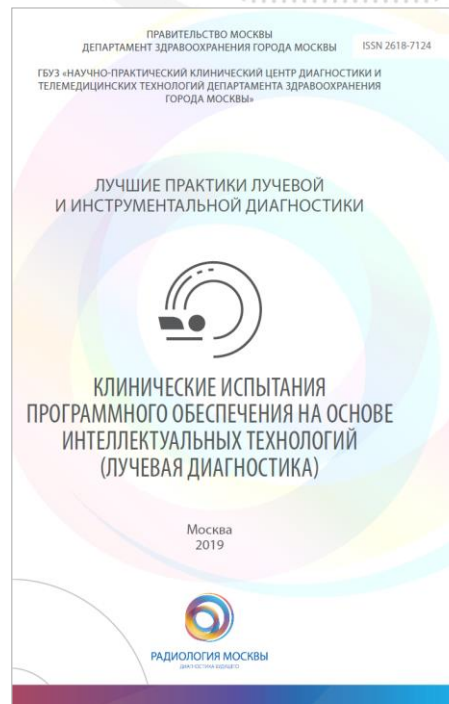
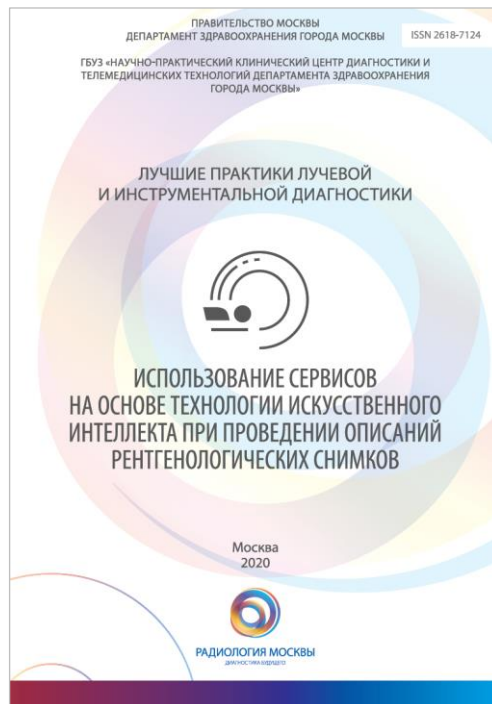


Автономная сортировка результатов профилактической маммографии



Васильев с соавт., 2023, DOI:
10.17816/DD321423

*Приказ Минздрава РФ от 07.09.2020 №947н





ЦЕНТР ДИАГНОСТИКИ
И ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ



БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ



✉ npcmr@zdrav.mos.ru

☎ +7 (495) 276 - 04 - 36

🌐 telemedai.ru