



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

Александр Калиниченко

# **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНЕ**

Модуль 2. Методы искусственного интеллекта

Лекция 16. Анализ медицинских изображений

# КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ В МЕДИЦИНЕ

**Компьютерное зрение** — это направление искусственного интеллекта, которое можно охарактеризовать как совокупность математических методов и информационных технологий, сфокусированных на решении следующих типов задач:

- захват изображений
- обработка изображений
- анализ изображений
- классификация изображений
- отслеживание изображений

**Анализ изображений** – один из ключевых подходов в медицине

# ВИДЫ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Изображения, которые врач видит непосредственно:

- раны
- высыпания
- деформации суставов
- вынужденная поза
- дрожание конечностей

Изображения пациента, которые врач получает с помощью диагностических приборов

- изображения глазного дна
- полостей тела
- внутренних органов
- микроскопия клеток

Основа современной диагностики –лучевые методы получения изображений всех органов и систем человеческого организма.

# ФОРМЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ В МЕДИЦИНЕ

Задача компьютерного зрения	Медицинское значение
Детекция и классификация	Автоматизированный анализ всех видов диагностической визуализации. Основные задачи: скрининг, поддержка принятия диагностических решений, повышение производительности труда врача, контроль качества и профилактика ошибок
Распознавание лица	Идентификация пациентов и медицинских работников. Мониторинг отдельных патологических проявлений.
Распознавание движений и видов активности	В профилактике — контроль физической активности в повседневных условиях жизни. В клинической медицине — контроль двигательной активности пациента; мониторинг и анализ тремора; сопровождение программ физической реабилитации и т. д.
Распознавание и характеристика позы	Поддержка принятия врачебных решений — выявление признаков неврологической, ортопедической или иной патологии.

# ФОРМЫ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ В ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКЕ

Задача	Действие компьютерного зрения	Медицинское значение
Выявить и локализовать объект	Детекция	Обнаружение патологических признаков на диагностическом изображении для: приоритизации результатов диагностических исследований; поддержки принятия решений.
Определить объект присутствует или нет; если да, то каков его тип	Классификация	Скрининг, массовые профилактические осмотры. Определение характера патологии.
Определить размер, пропорции объекта; установить взаимное расположение объектов	Сегментация	Определение анатомических границ областей, систем, органов. Медицинская морфометрия.
Оценить изменения объекта	Сравнение	Выявление динамических изменений, обусловленных прогрессом/регрессом заболевания.

# СТАТИСТИКА ПО АНАЛИЗУ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ МЕТОДАМИ ИИ

Вид изображений	Доля, %
МРТ (магнитно-резонансная томография)	> 40 %
Компьютерная томография	> 30 %
Ультразвуковые методы	6 %
Мамография	4 %
Другие методы	< 20 %

# ПРОБЛЕМЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ АЛГОРИТМОВ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ДЛЯ МЕДИЦИНЫ

1. **Отсутствие целеполагания**, обоснованных задач, понимания того, как алгоритмы будут применяться в рутинных процессах медицинских организаций.
2. **Невысокое качество данных**. Отсутствие единых правил и стандартов разметки данных для медицинского искусственного интеллекта.
3. **Отсутствие независимой оценки точности алгоритмов** и отсутствие проверки в реальных условиях (клиническая апробация проводится менее, чем для 1% разработок).
4. **Отсутствие коммуникаций между разработчиками и медицинским сообществом**. Большинство публикаций носят математический, технический характер, и найти их можно лишь в специализированных изданиях. Для массы врачей такие статьи остаются неизвестными.
5. **Несоблюдение** разработчиками **общепринятых стандартов** описания исследований и классификации нозологий. Опора на отдельных экспертов.
6. Использование **собственной системы просмотра** исследований. При правильном подходе должна осуществляться бесшовная **интеграция** алгоритмов компьютерного зрения с медицинскими и радиологическими информационными системами.
7. **Различия** в практическом применении и представлении результатов работы алгоритмов врачу-рентгенологу **между компаниями**.

# ПОРОЧНЫЙ ПОДХОД - ПОПЫТКА ЗАМЕНЫ ВРАЧА-РЕНТГЕНОЛОГА

**«Замена» врача рентгенолога:** алгоритм выдает готовое описание и заключение, направляемое пациенту или медработнику. При этом алгоритм даже не визуализирует результаты своей работы на изображениях.

При таком подходе совершенно не ясно, как и почему алгоритм принимает те или иные решения: результаты его работы бесполезны для практической медицины.



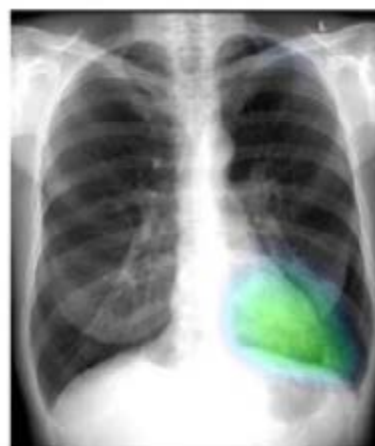
## МИНИМАЛИСТИЧНЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

При «**минималистичном**» подходе — результаты работы алгоритмов компьютерного зрения представляются врачу без детализированной клинической оценки: например, в виде вероятности наличия патологии в данном исследовании, выраженной в процентах, либо рекомендации направить пациента на дообследование.

Именно данный подход представляется сейчас наиболее перспективным с точки зрения практического внедрения. В первую очередь потому, что такое представление результатов требует минимальной дополнительной концентрации от врача при просмотре результатов работы сервиса и, соответственно, **выполняет функцию помощника, а не замены.**

# МИНИМАЛИСТИЧНЫЙ ПОДХОД

**A:** минималистичный;  
представлена локализация  
возможной патологии  
и ее вероятность согласно  
алгоритму.



Заключение сервиса:  
Вероятность наличия патологии 58 %

Результаты могут сопровождаться  
отметками в виде температурной  
карты или в виде простого  
контура, наложенного на  
изображение. для привлечения  
внимания врача к патологическим  
находкам.

# ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ ПОДХОД

**Б:** промежуточный; вместе с визуализацией и общей вероятностью наличия патологии врачу предоставляется список категорий возможных патологий.

Original image



Finding



Most Probable Finding
Mass
Pleural Thickening
Effusion

Abnormal Probability
<b>0.87</b>



# ГОТОВОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**В:** готовое заключение, без отметок на изображениях.

## Нейронная сеть завершила обработку изображения

<i>Положение пациента на снимке:</i>	Фронтальный снимок стоя.
<i>Качество снимка:</i>	Неудовлетворительное.
<i>Карта легких:</i>	Без особенностей.
<i>Легочные поля:</i>	Патологических изменений не выявлено.
<i>Диафрагма:</i>	Без особенностей.
<i>Сердце, общее описание:</i>	Без изменений (до 50 % грудной клетки).
<i>Инородные тела:</i>	Отсутствуют.
<i>Аорта, общее описание:</i>	Склерозирована (кальцинирована с тенями).
<i>Легочный рисунок:</i>	Без особенностей.
<i>Плевральные спайки:</i>	Не визуализируются.
<i>Плевральные полости:</i>	Патологических изменений не выявлено.

**Похоже, пациент здоров. По крайней мере на этом снимке.**

Именно данный подход представляется сейчас наиболее перспективным с точки зрения практического внедрения. В первую очередь потому, что такое представление результатов требует минимальной дополнительной концентрации от врача при просмотре результатов работы сервиса и, соответственно, выполняет функцию **помощника, а не замены.**

# АНАЛИЗ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

**Основные этапы** анализа медицинских изображений методами искусственного интеллекта:

- Предварительная подготовка изображения (фильтрация шума, изменение яркости и контрастности)
- Сегментация изображения (автоматическое выделение зон интереса на основе заданных правил)
- Распознавание объектов (получение количественных оценок выявленных патологических участков и их классификация)
- Формирование предварительного описания, которое верифицируется медицинским специалистом

## ВАРИАНТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ В МЕДИЦИНСКОЙ ПРАКТИКЕ

- Алгоритмы ИИ автоматически обрабатывают поступающие исследования, проводят необходимые вычисления и формируют предварительное заключение для врача
- Алгоритмы позволяют предоставить второе мнение по исследованию: врач формирует заключение, ИИ параллельно обрабатывает изображения и может передать рекомендации, например, заведующему отделением для принятия решения по повышению квалификации специалистов
- Ретроспективный анализ исследований, собранных за определённый период, с целью обнаружения патологических изменений на ранней стадии. Например, во время пандемии был накоплен огромный пласт визуальных данных, которые могут быть сегодня проанализированы на предмет выявления ранних признаков заболеваний легких и онкозаболеваний



# АЛГОРИТМ «КТ ЛЁГКИХ. УЗЕЛКОВЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ» (MDDC)

Платформа московского Медицинского цифрового диагностического центра (MDDC)

Слева в нижней доле лёгочной ткани алгоритм ИИ обнаружил патологический очаг неоднородного уплотнения с чётким неровным контуром.

Алгоритм определил границы патологических изменений, выделил участок уплотнения.



# АЛГОРИТМ «КТ ЛЁГКИХ. COVID» (MDDC)

Платформа московского  
Медицинского цифрового  
диагностического центра  
(MDDC)

Справа в зоне верхней доли  
фокусные участки неоднородного  
уплотнения – изменения по типу  
«матового стекла» с нечёткими  
неровными границами.

ИИ определил и выделил границы  
фокусных патологических участков.





# АЛГОРИТМ «КТ ИНСУЛЬТ» (MDDC)

Платформа московского  
Медицинского цифрового  
диагностического центра (MDDC)

На изображении в белом веществе левой  
лобной доли обнаружена зона кровоизлияния  
с относительно чёткой неровной границей.



# АЛГОРИТМ «МАММОГРАФИЯ» (MDDC)

Платформа московского  
Медицинского цифрового  
диагностического центра (MDDC)

На границе нижних квадрантов средней трети  
молочной железы алгоритм ИИ выявил  
среднеинтенсивное однородное образование  
с чётким контуром

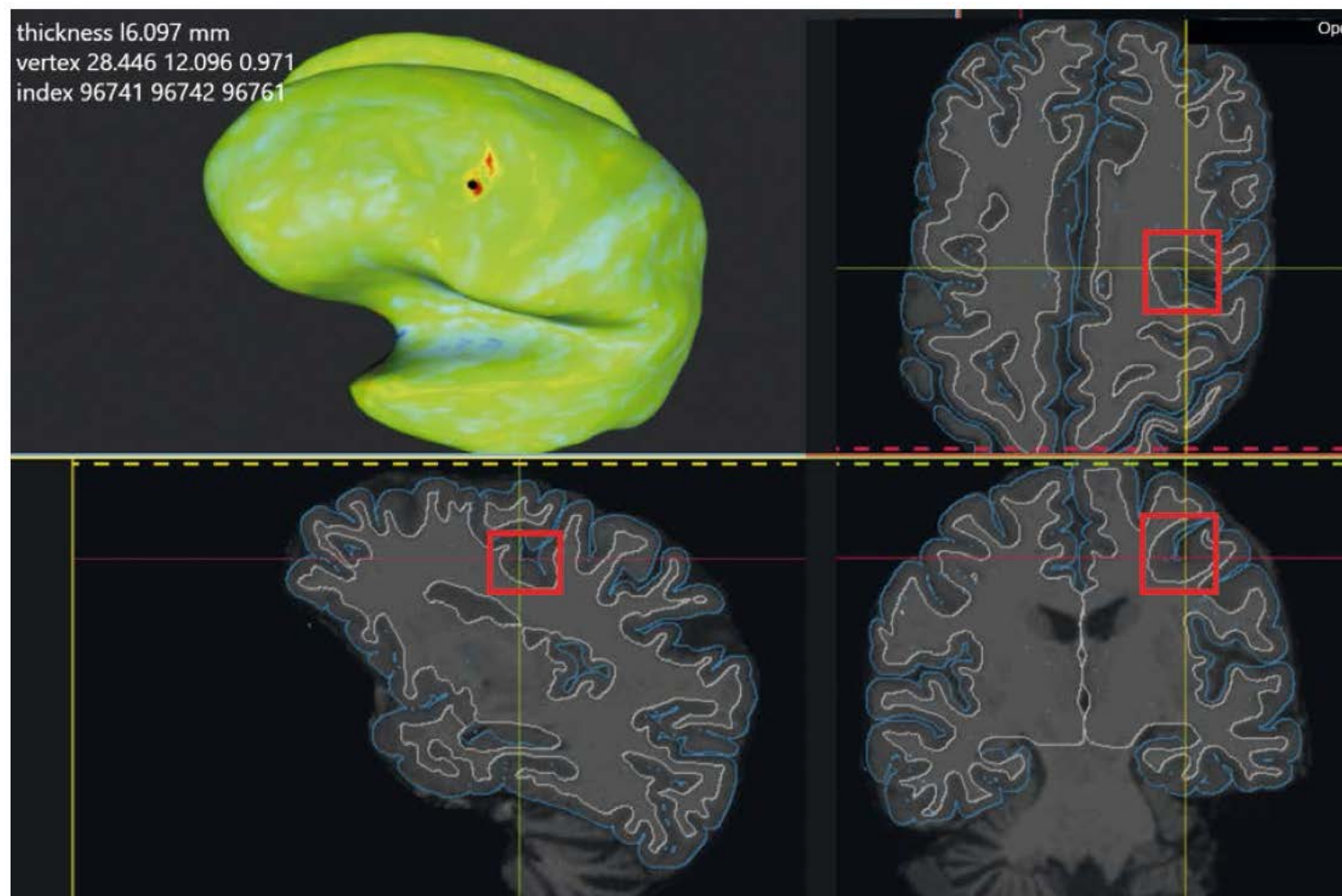


# ОБНАРУЖЕНИЕ ЭПИЛЕПТИГЕННОГО ОЧАГА НА МРТ

## Центр прикладного ИИ, Сколтех

Пример визуализации эпилептигенной зоны мозга разработанной системой: на поверхности коры (слева сверху) тепловой картой подсвечены подозрительные участки, на которые должен обратить внимание врач-нейрорентгенолог.

Рядом для удобства врача представлены три проекции МРТ-изображения пациента.



# ПРЕДОПЕРАЦИОННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ В НЕВРОЛОГИИ. ЦЕНТР ПРИКЛАДНОГО ИИ, СКОЛТЕХ

Пример визуализации моторной зоны у пациента с опухолью.

Серым показан результат традиционного анализа МРТ, красным — разработанной модели машинного обучения.

Зелеными точками показано истинное положение моторной зоны, полученное во время операции методом прямой кортикальной стимуляции.

