

# Диагностика патологий позвоночника с применением искусственного интеллекта

ЛЕОНОВА Мария Борисовна    руководитель ИТ проектов



Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Национальный медико-хирургический Центр имени Н.И. Пирогова»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации

29 февраля 2024 г.

# 24

направления оказания  
высокотехнологичной  
медицинской помощи,  
включая медицинскую  
реабилитацию



## Врачи, эксперты и технологии мирового уровня

**Федеральный центр медицины катастроф**

**Сотни  
тысяч**

консультаций и  
диагностических  
исследований

**Десятки  
тысяч**

пациентов  
и оперативных  
вмешательств

# 170

профессоров,  
докторов  
и кандидатов  
наук

# 3

академика  
РАН

Диссертационный  
совет

Институт  
усовершен-  
ствования  
врачей



# Научные и образовательные возможности Пироговского Центра

3

академика  
Российской  
Академии Наук

26

профессоров

51

доктор  
медицинских  
наук

159

кандидатов  
медицинских наук

Институт усовершенствования врачей

20

кафедр

48

направлений  
профессиональной  
переподготовки

300+

аспирантов и ординаторов

Ученый и диссертационный советы



# Проблематика

# 843

По данным Всемирной  
организации здравоохранения

# 619

миллионов человек в  
мире уже страдают от  
боли в нижней части  
спины (пояснице)

миллиона человек в мире будут страдать  
от боли в нижней части спины (пояснице)  
к 2050 г. в результате роста и старения  
населения



Sebastian Liste / NOOR для ВОЗ

Фото

# Лаборатория цифрового развития

1

Поиск решений

2

Профильная экспертиза

3

Управление инновационными  
ИТ-проектами

4

Оборот биомедицинских  
данных

[digital\\_laboratory@pirogov-center.ru](mailto:digital_laboratory@pirogov-center.ru)



АГЕНТСТВО  
ИННОВАЦИЙ  
ГОРОДА  
МОСКВЫ



**Skoltech**



ИММЕРСМЕД



ЦЕЛЬС®



Phonendo



ТРЕТЬЕ  
МНЕНИЕ

РАТНVISION.AI



RADLogics™

doc+



SBER MED AI

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР



ВИРТУАЛЬНАЯ  
РЕАБИЛИТАЦИЯ



Sciberia



Полигонатор



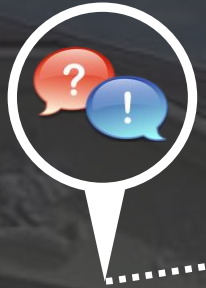
EVA LAB



Muscles.ai



# Взаимодействие с инновационными проектами



Получение обращений от инновационных проектов и их первичная оценка



Обмен соглашениями о конфиденциальности



Диагностика решения и экспертная оценка его пригодности для пилотирования

Согласование условий и подписание соглашения о сотрудничестве



На доработку



Формирование проектной команды - представители клиницистов, IT, научные сотрудники и т.д.



# Взаимодействие с инновационными проектами



Совместная подготовка плана пилота и протокола испытаний, этическая оценка планируемого исследования

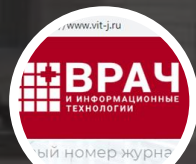


Проведение исследования, регулярные промежуточные оценки и получение обратной связи от клиницистов

Результаты не удовлетворительны



Завершение пилотирования, оценка результатов, подготовка отчетности



Подготовка научных публикаций, регистрация РИДов



Принятие решения о дальнейшем сотрудничестве





# Управление проектом

## Документальное оформление:

- Соглашение о конфиденциальности
- Соглашение о сотрудничестве
- акты приема-передачи данных

## Развертывание тестового PACS

## Использование российских аппаратных компонент

## Формирование обучающей и тестовой выборки

### СОГЛАШЕНИЕ О КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТИ

г. Москва

«\_\_» \_\_\_\_ 2024 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медико-хирургический Центр имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, именуемое в дальнейшем «Центр», в лице заместителя генерального директора по информационным технологиям Веселовой Оксаны Владимировны, действующего на основании Доверенности № 029 от 29 декабря 2021 года, с другой стороны, в лице \_\_\_\_\_, действующего на основании \_\_\_\_\_, с одной стороны, заключили настоящее соглашение о нижеследующем:

### СОГЛАШЕНИЕ О СОТРУДНИЧЕСТВЕ № \_\_\_\_\_

г. Москва

г. Москва

«\_\_» \_\_\_\_ 2024 года

1. \_\_\_\_\_  
– Р \_\_\_\_\_  
собственн  
информ  
– Л \_\_\_\_\_  
получаю

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медико-хирургический Центр имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, именуемое в дальнейшем Центр, в лице заместителя генерального директора по научной и образовательной деятельности, действующего на основании Доверенности № 001 от 16 января 2023 г., с одной стороны, и \_\_\_\_\_, именуемое в дальнейшем \_\_\_\_\_, в лице \_\_\_\_\_, действующее на основании \_\_\_\_\_, с другой стороны, заключили настоящее соглашение о нижеследующем:

### АКТ ПРИЕМА-ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ № 1 К СОГЛАШЕНИЮ О СОТРУДНИЧЕСТВЕ

от «\_\_» \_\_\_\_ 2024 года.

г. Москва

«\_\_» \_\_\_\_ 2024 года.

1.1. Пр  
цифров  
1.2. Н  
соответс  
1.3. Д  
к посл  
деятели  
Настояш  
объедин  
сотрудн  
1.4. С  
осущест

«Наименование организации», именуемое в дальнейшем «Сторона 1», в лице \_\_\_\_\_, действующего на основании \_\_\_\_\_ с одной стороны и Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медико-хирургический Центр имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (далее ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России), именуемое в дальнейшем «Сторона 2», в лице заместителя генерального директора по информационным технологиям Веселовой Оксаны Владимировны, действующего на основании Доверенности № 029 от 29 декабря 2021 года, с другой стороны, в дальнейшем совместно именуемые «Стороны», в рамках соглашения о конфиденциальности от \_\_\_\_\_ подписали настоящий Акт приема-передачи о нижеследующем:

1. В целях проведения тестирования Сторона 1 передает в безвозмездное временное пользование Стороне 2 следующее оборудование:

№ п/п	Наименование	Состав	Ед. изм.	Кол-во
1.			шт.	
2.			шт.	



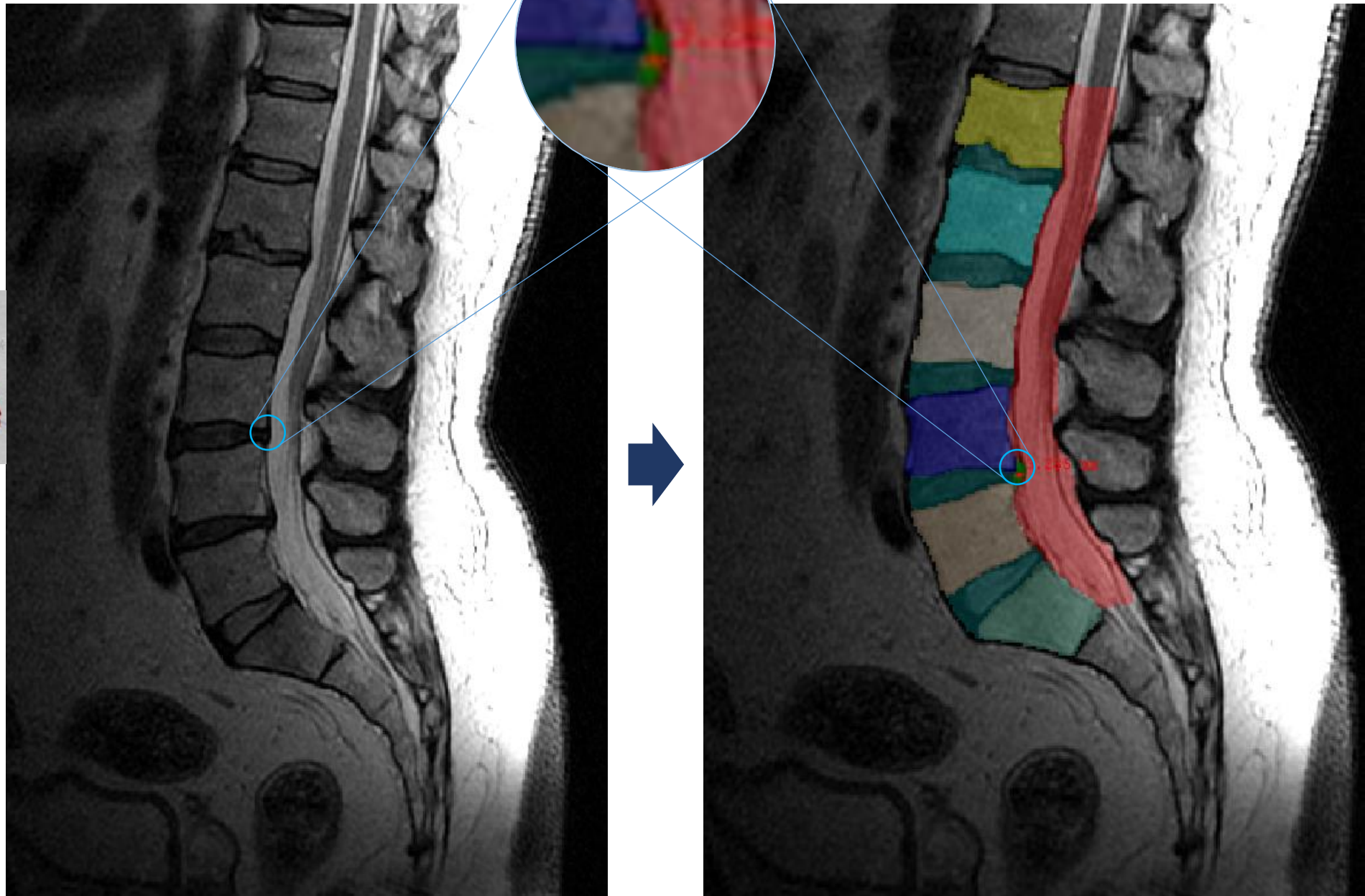
# Методика разметки данных

Попиксельная  
послойная  
разметка  
«вручную» с  
использованием ПО  
ITK-SNAP



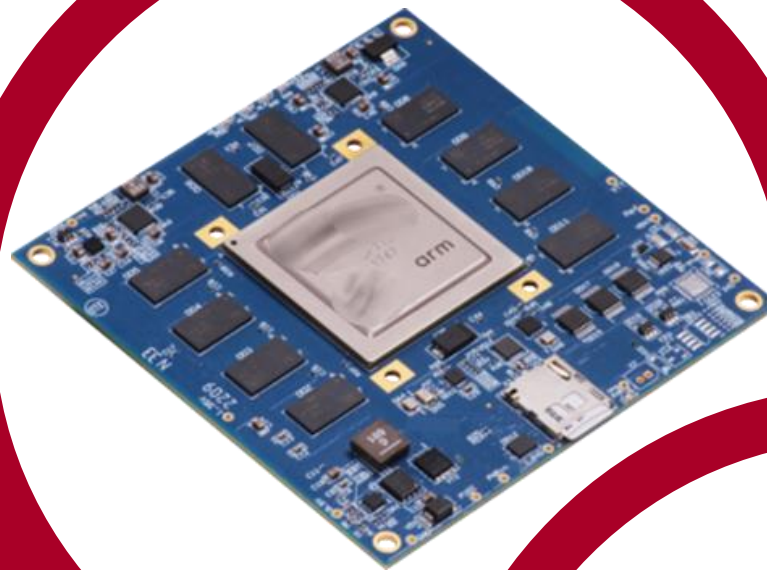
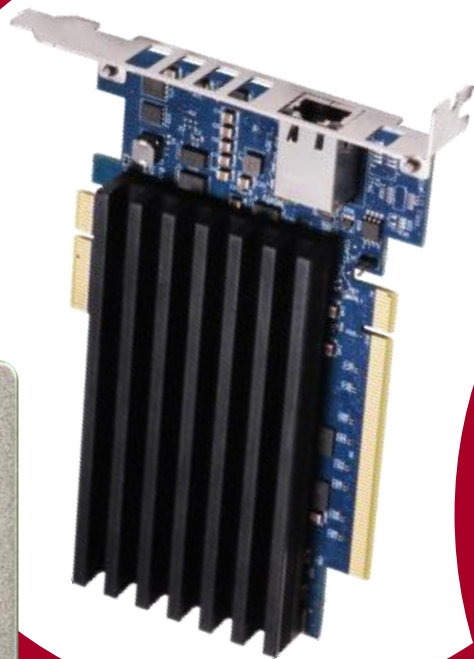
Объем выборки  
**6000** срезов

Время на разметку  
**500+** часов



# Российское аппаратное обеспечение

## Нейропроцессор

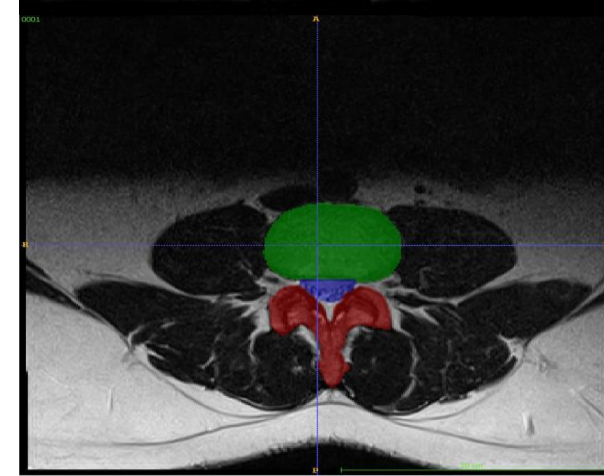


Построен на базе оригинальной российской вычислительной архитектуры в сочетании с ядрами ARM  
Совместим с архитектурами Эльбрус, x86, x64, RISC (Intel, AMD, RockChip)  
Реализован в виде различных модулей ускорения нейросетевых вычислений



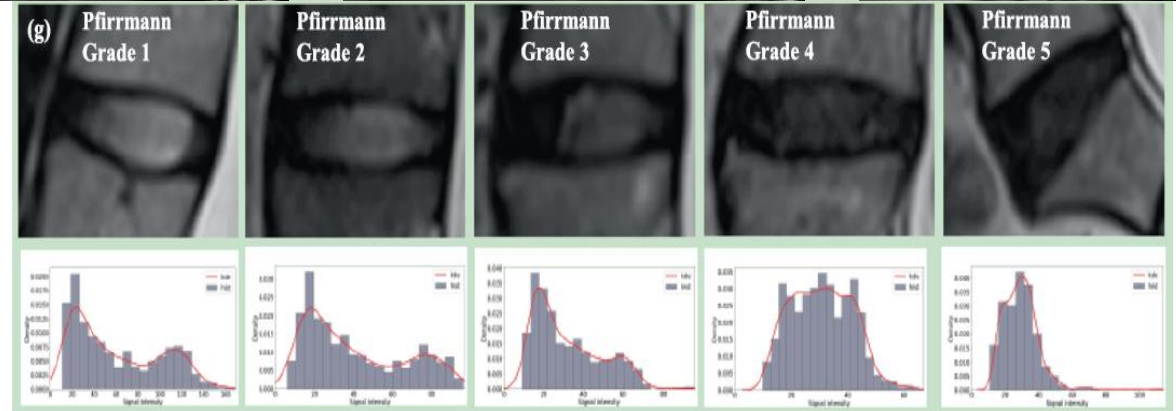
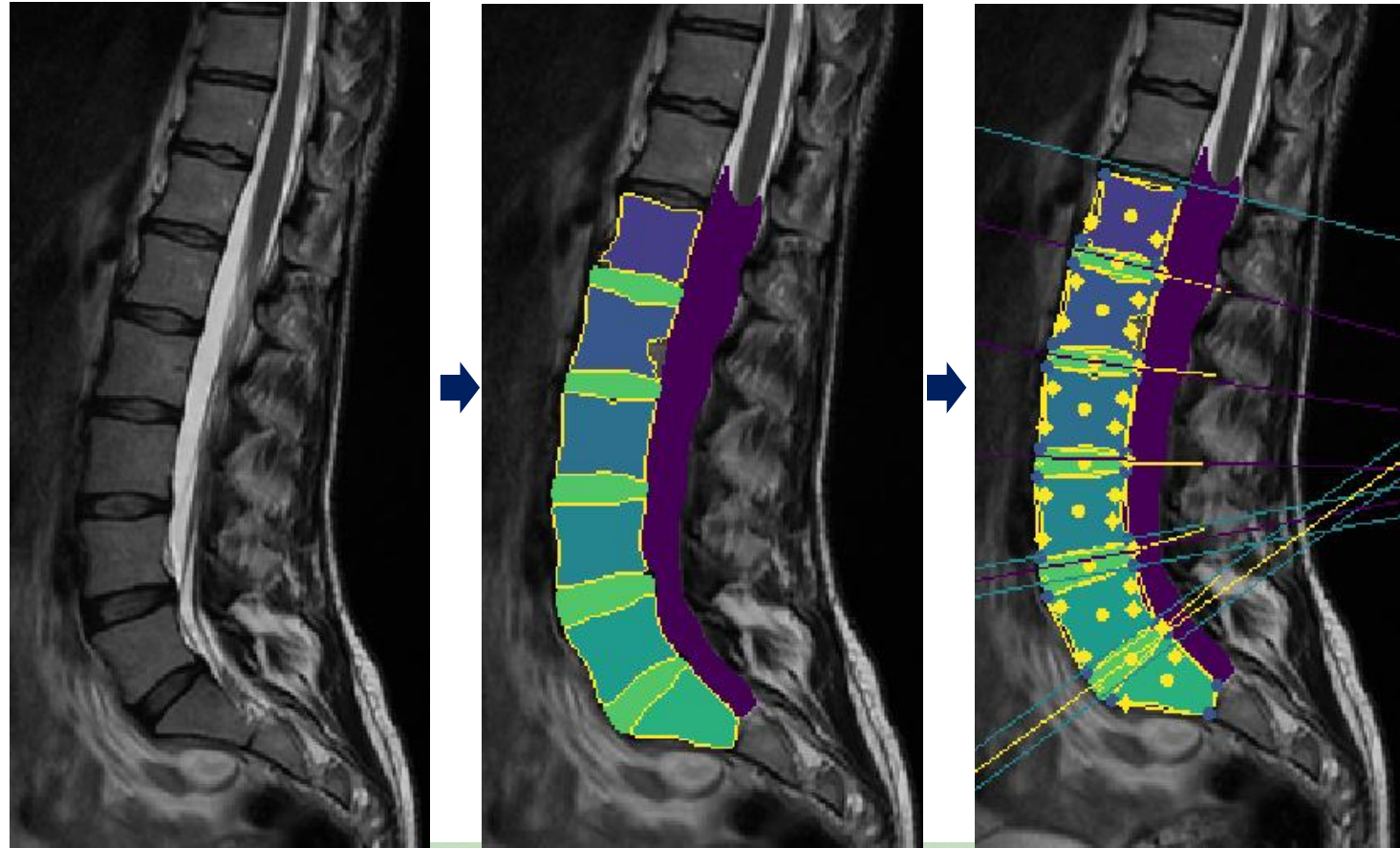
# Нейронные сети

Сеть	Функциональное назначение	Тип обрабатываемых данных	Разметка
Сегментационная сеть Resnet18-Unet++	<p>Определение положения позвонков, межпозвонковых дисков, межпозвонковых грыж и протрузий (при наличии), а также позвоночного канала</p> <p>Расчет геометрических параметров позвонков, межпозвонковых дисков, размеров найденных грыж, определения состояния межпозвонковых дисков по шкале Пфирмманна</p> <p>предоставляет исходные данные для работы вспомогательных ИИС</p>	Сагиттальные срезы T2 MPT	Пироговский Центр
Классификационная сеть Resnet18	Определение наличия грыж Шморля на сагиттальных T2 MPT срезах	Сагиттальные срезы T2 MPT	Медси
Классификационная сеть Resnet18	Определение наличия изменений позвонков по Модуку	Совокупность сагиттальных срезов T1 и T2 MPT	Пироговский Центр
Сегментационная сеть Resnet18-Unet++	Определения положения межпозвоночных дисков и грыж, а также наличия центрального и фораменального стеноза и измерения ширины сечения фораменальных отверстий	Аксиальные срезы T2 MPT	Training Data



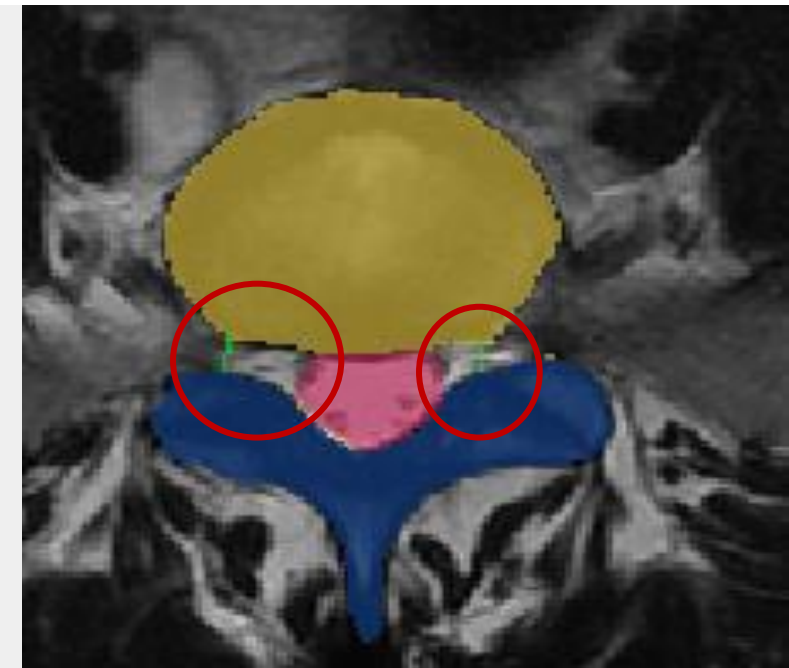
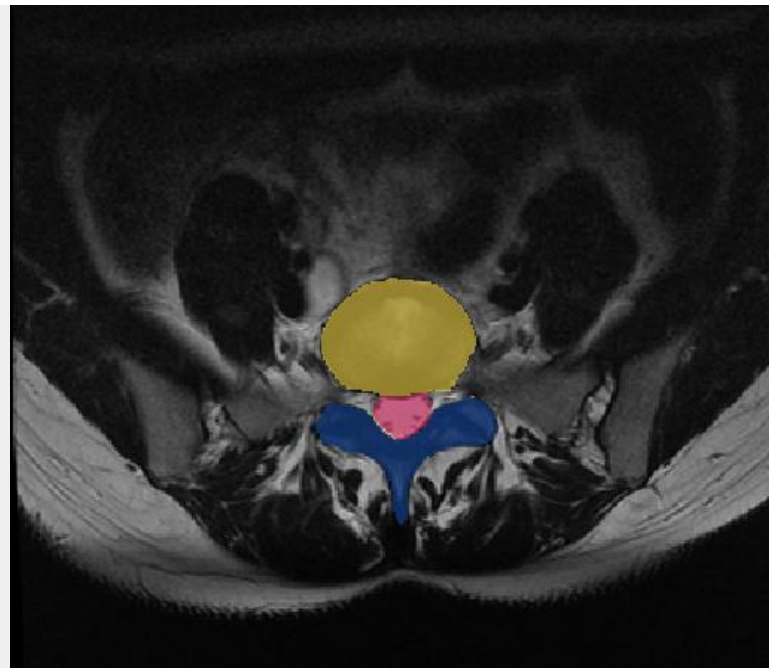
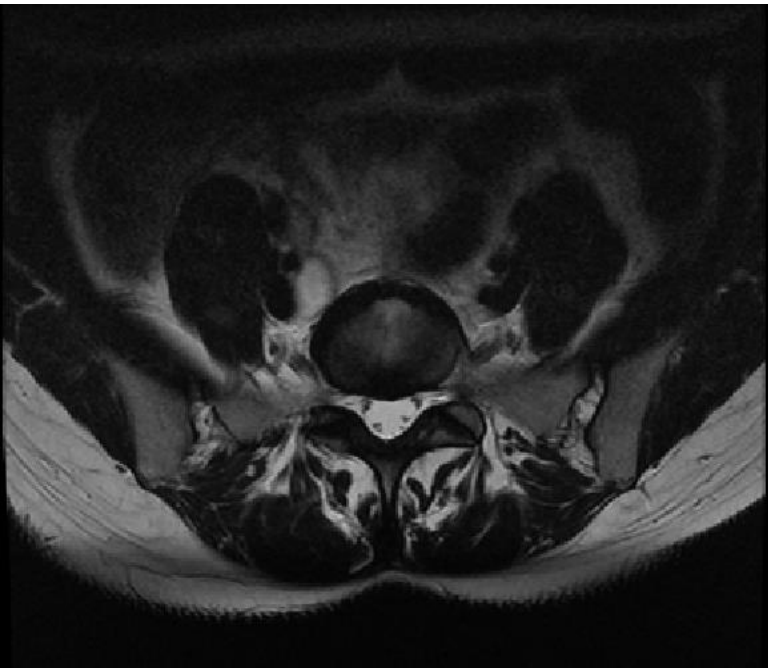
# Алгоритмы машинного зрения: сагиттальные серии

- Сегментированные искусственные нейронные сети изображения обрабатываются функциями библиотеки OpenCV
- Фильтрация и удаление «шума» и отверстий на сегментированных масках
- Анализ размеров грыж и стеноза позвоночного канала
- Оценка межпозвоночных дисков по Пфиррману
- Анализ состояния верхних и нижних замыкательных пластин по Modic и на наличие грыж Шморля





# Алгоритмы машинного зрения: аксиальные серии



1

## Сегментация с помощью нейронной сети Resnet18-Unet++ по трем классам

- Остистый отросток, фасеточный сустав, суставной отросток, жёлтая связка — совместно
- Дуральный мешок
- Межпозвонковый диск и грыжа — совместно

2

## Определение контуров масок сегментаций

Вычисление метрик

Разделение контуров на левую и правую части

Определение размеров сечений левого и правого дляaminaльных отверстий

3

## Определение наличия форамеального стеноза

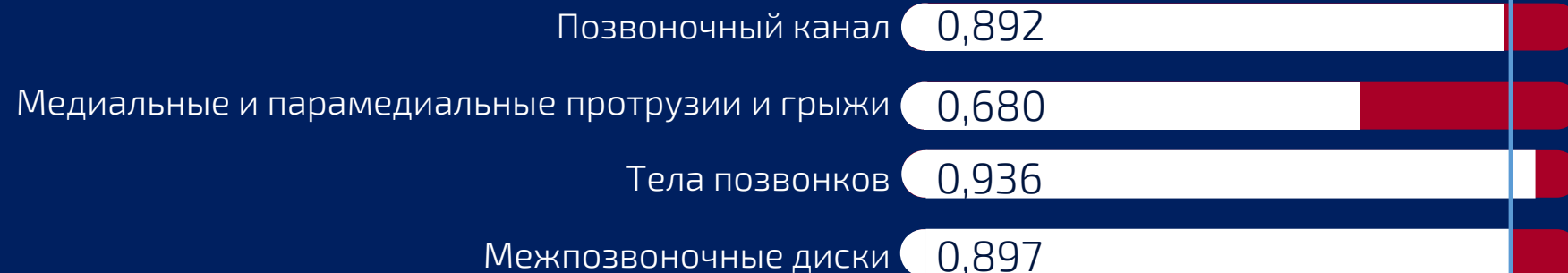
Повтор процедуры для всех исследуемых уровней позвоночника

# Текущие метрики для отдельных классов

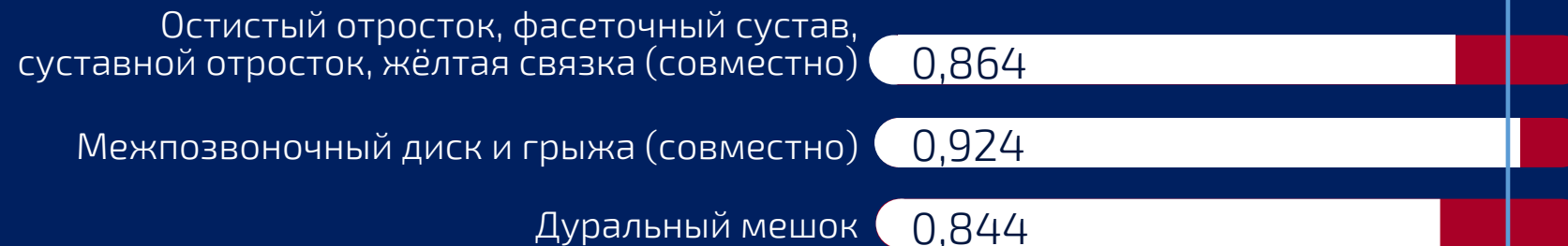
Сегментационная сеть Resnet18-Unet++ используется для сегментации сагиттальных и аксиальных срезов, выполненных в T2 режиме

0,9

Значения метрики Jaccard index для сегментированных классов ИНС «Сагиттальные срезы»



Значения метрики Jaccard index для сегментированных классов ИНС «Аксиальные срезы»



Классификационная сеть Resnet18 используется для определения наличия грыж Шморля и изменений по Modic

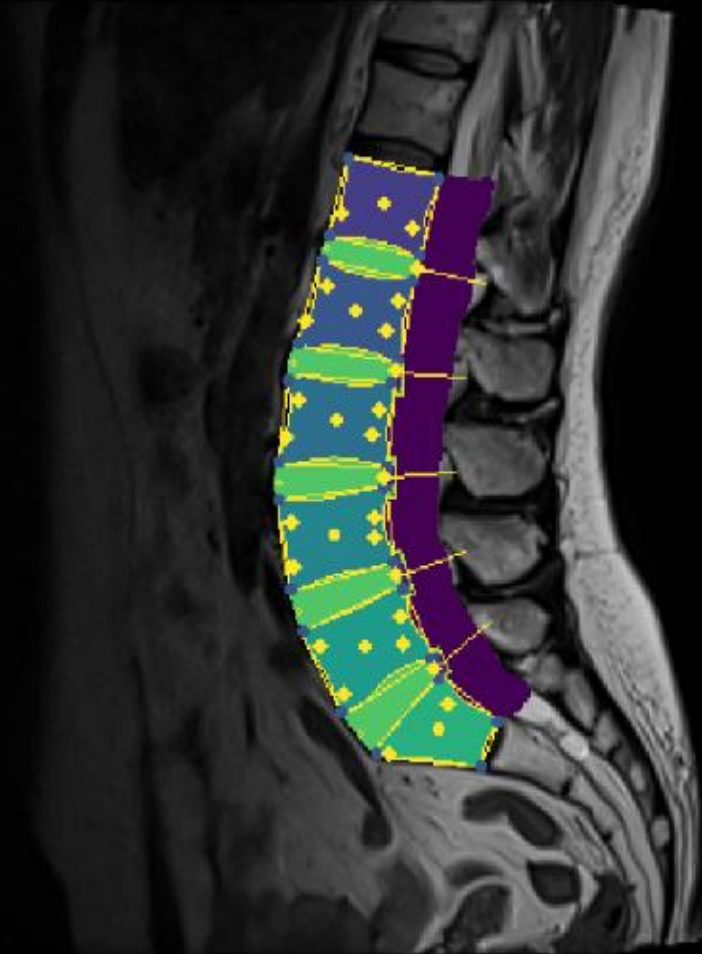




# Морфометрия и интегральные характеристики

## Базовые геометрические метрики

Пояснично-крестцовый отдел позвоночника, МРТ, T2 сагиттальный срез



	ВЗП	НЗП	ПВП	ЗВП	ЦВП	ПВД	ЗВД	ЦВД
L1	30.3	30.3	25.0	25.0	25.6			
L1/L2						8.2	8.2	7.4
L2	30.3	33.3	26.9	25.4	26.0			
L2/L3						12.1	7.4	7.7
L3	33.6	35.2	26.0	26.6	26.2			
L3/L4						11.7	6.3	8.1
L4	34.6	34.7	28.4	23.6	26.2			
L4/L5						13.8	9.1	8.7
L5	35.4	33.9	28.0	23.8	26.6			
L5/S1						17.7	6.7	8.8
S1	31.0	15.1	34.6	23.6	29.3			

Площадь  
грыжевых  
выпячиваний

Индексы HDR и  
SI для шкалы  
Пфиррманна

	СТЕПЕНЬ ПО ШКАЛЕ ПФИРРМАННА	ПРОТРУЗИИ/ ГРЫЖИ	РАЗНОСТЬ ИНТЕНСИВНОСТИ	HDR
L1				
L1/L2	4	–	56.5	0.24
L2				
L2/L3	5	2.3X11.7	29.9	0.22
L3				
L3/L4	5	12.5X3.1	16.6	0.23
L4				
L4/L5	5	3.2X14.8	13.3	0.25
L5				
L5/S1	3	3.5X8.7	59.9	0.28

**Планируем апробацию в условиях рутинной практики:**

**20** МИН → **7** МИН

**цель - сокращение времени на описание и формирование протокола**

## **Выводы и наблюдения**

- От готовности разработчиков внедрять продукт до готовности врачей работать с ним проходит 1 - 3 года
- До сих пор заметна асимметрия ценности размеченных данных и алгоритмов для СИИ медицинского назначения
- Многие разработчики готовят решения для одних и тех же анатомических областей. При этом, например, кистями рук никто не занимается (высокая частота травматизации)
- Обучать нейронные сети классификации и сегментации приходится от «менее кривых» позвоночников к «более кривым» ввиду сложности задачи
- Снимки пациентов с высоким индексом массы тела сложнее распознаются СИИ



# Периодические издания

Вестник МНХЦ  
им Н.И. Пирогова



Врач и ИТ

# Монографии



- Цифровое здравоохранение в цифровом обществе
- Автоматизированное проектирование медицинских технологических процессов
- Цифровое здравоохранение в цифровом обществе Экосистема и кластер
- Стандартизация в электронном здравоохранении
- Автоматизация процессов, цифровые и информационные технологии в управлении и клинической практике лечебного учреждения