

BoneAtlas

**Автоматизированная система оценки костного
возраста на основе глубокого обучения**

Денисяк Анна Михайловна, Дианова Полина Витальевна
Руководитель: Шурыкина Людмила Сергеевна

ПРОБЛЕМАТИКА



KB = 4 года



KB = 11 лет



KB = 18 лет

Диагностика:

- нарушений роста (задержка/ускорение)
- эндокринных заболеваний
- генетических синдромов
- сроков полового созревания

АКТУАЛЬНОСТЬ

- Ручная оценка костного возраста по рентгенограммам кисти – это трудоемкий и субъективный процесс, зависящий от опыта рентгенолога
- Автоматизация с помощью глубокого обучения позволяет повысить скорость, точность и воспроизводимость диагностики
- Применение: педиатрия, эндокринология, контроль лечения, судебная медицина

ЦЕЛЬ РАБОТЫ



Разработать и обучить сверточную нейронную сеть для автоматического определения костного возраста ребенка по рентгенограмме кисти на основе открытого набора данных

ЗАДАЧИ РАБОТЫ

1. Анализ и подготовка данных
2. Проектирование архитектуры модели
3. Обучение и валидация модели
4. Оценка и анализ результатов
5. Разработка приложения



АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ АНАЛОГОВ

ПОДХОД	ПЛЮСЫ	МИНУСЫ	MAE (ОШИБКА)
КЛИНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ (GP/TW)	«Золотой стандарт», не требуют ПО	Субъективность, трудоемкость	Зависит от врача
КОММЕРЧЕСКОЕ ПО (BoneXpert)	Высокая точность, полная автоматизация	Дорого, непрозрачность, смещение	~4-6 месяцев
АКАДЕМИЧЕСКИЕ AI-МОДЕЛИ	Прозрачность, открытость, развитие	Требуют экспертизы для создания	~7-12 месяцев
ПРОЕКТ BoneAtlas			~7 месяцев

ОПИСАНИЕ ДАННЫХ

ИСТОЧНИК

RSNA Pediatric Bone Age (KAGGLE)

СТРУКТУРА ДАТАСЕТА

```
boneage-training-dataset/  
├─ 12611 PNG изображений (400-500px)  
├─ boneage-training-dataset.csv  
└─ Метки:  
    - boneage: возраст в месяцах (1-228)  
    - male: пол (True/False)  
    - id: идентификатор изображения
```

ФОРМАТ

PNG-изображения, размеры варьируются от 400×400 до 500×500 пикселей

ОБЪЁМ

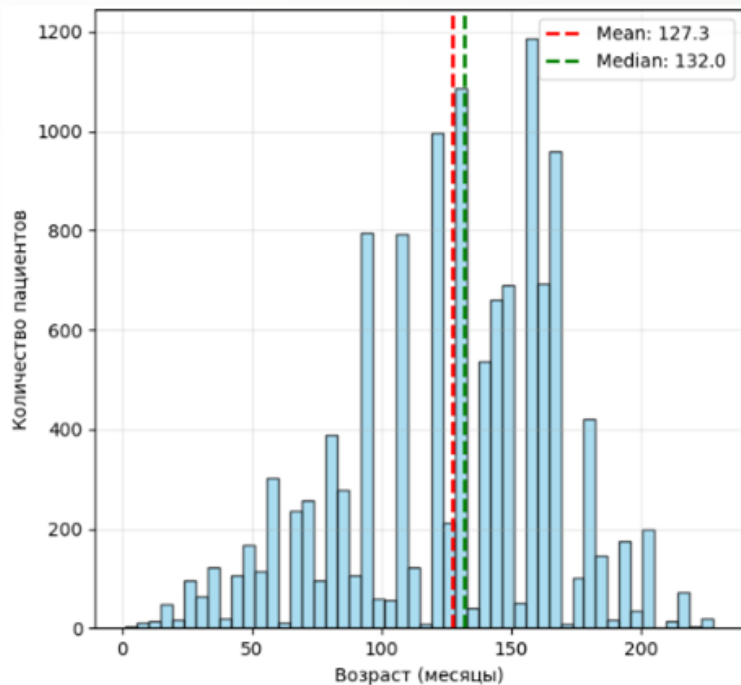
Обучающая выборка: 12 611 изображений

Тестовая выборка: 200 изображений

ДАННЫЕ

Рентгенограммы кисти с метками возраста в месяцах и полом пациента

РАЗВЕДОЧНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ



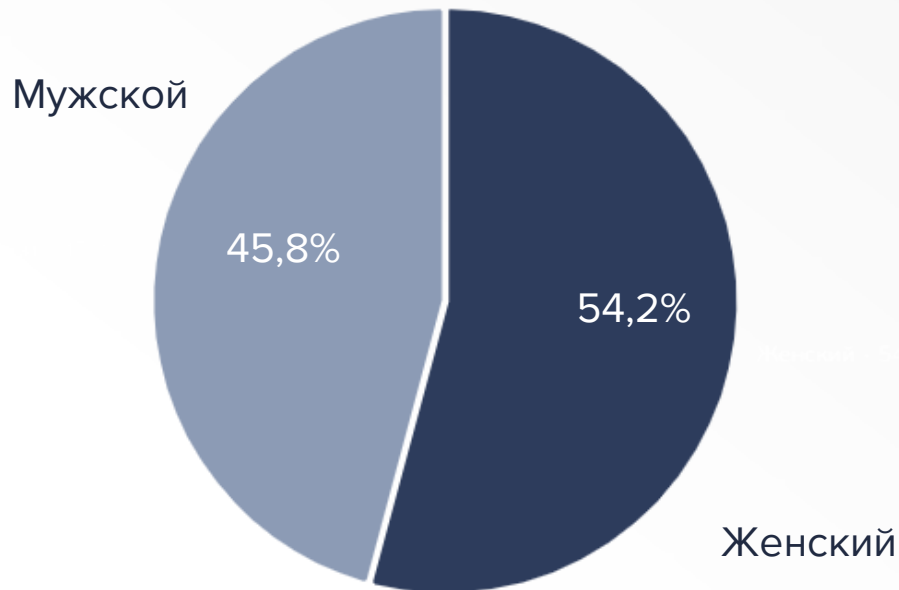
Распределение возраста

В диапазоне 1–228 месяцев,
среднее = 127.3 месяца

Выявление выбросов

Методами IQR и Z-score
обнаружено менее 0.02%
аномалий

РАЗВЕДОЧНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ



**Распределение
по полу**

Сбалансировано

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА

- Z-score нормализация возраста
- ImageNet нормализация
- Аугментация изображений



исходное



отражение



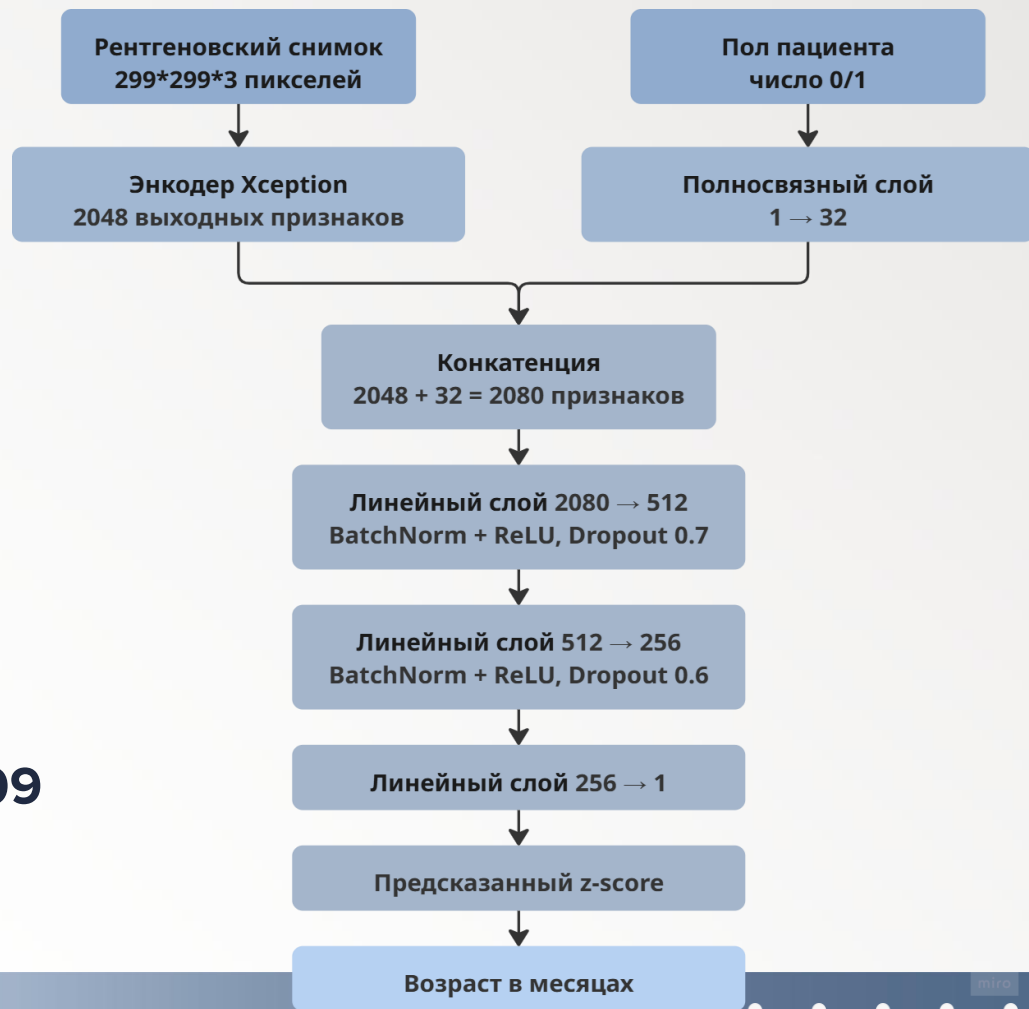
поворот



контраст

АРХИТЕКТУРА НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Всего параметров: 22 005 609



СТРАТЕГИЯ ОБУЧЕНИЯ

Параметр	Этап 1	Этап 2
Learning Rate	0.0003	0.00001
Оптимизируемые параметры	~1.2М (новые слои)	~22М (вся сеть)
Эпохи	1-10	11-16
Лучший MAE	7.95 мес	7.44 мес

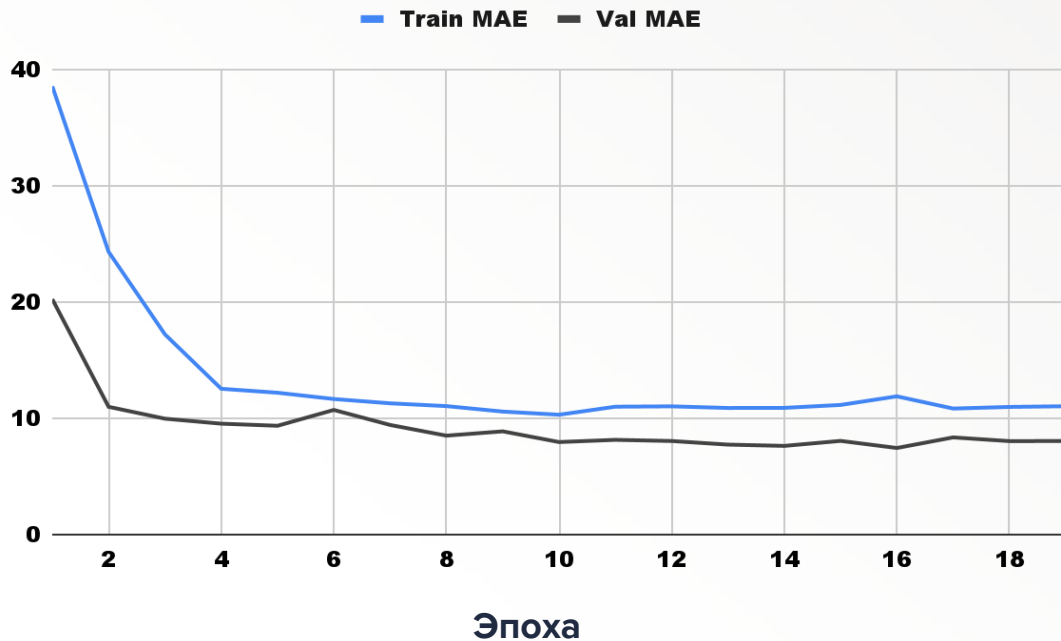
**предобученная
Xception**

+

**дообучение
Fine-Tuning**

РЕЗУЛЬТАТЫ

MAE



7.44 мес

Средняя
абсолютная ошибка

ДЕМО-ВИДЕО

BoneAtlas

Загрузка рентгеновского снимка

Выбрать файл



Выберите пол пациента

☒ Мужской

☐ Женский

Результат анализа

Анализировать снимок

РЕЗУЛЬТАТ АНАЛИЗА

8 лет и 1 месяц

96.7 месяцев

Пол пациента: Мужской

Точность модели (MAE): ± 7.44 месяцев

Интерпретация результата:

- Костный возраст может отличаться от хронологического
- Разница до 12 месяцев считается нормальной в пубертатном периоде
- Для точной диагностики проконсультируйтесь с врачом-рентгенологом

РАЗВИТИЕ ПРОЕКТА

Плоскостопие

Источник: данные от ГБУЗ «МИАЦ»

Количество: 842 снимка стоп в формате PNG



а



б

Рентгенограммы стоп: отсутствие плоскостопия (а),
наличие плоскостопия (б)

Государственное бюджетное учреждение здравоохранения Архангельской области «Медицинский информационно-аналитический центр»

Утверждаю
И.о. директора ГБУЗ АО «МИАЦ»
Спиров Максим Александрович
«25 июня» 2026 г.

АКТ О РЕЗУЛЬТАТАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
выпускной квалификационной работы

Настоящий акт составлен о том, что результаты выпускной квалификационной работы студентов Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова Высшей школы информационных технологий и автоматизированных систем направления 01.03.02 «Прикладная математика и информатика» группы 151212 Денисюк Ани Михайловны и Диановой Полины Витальевны на тему «Разработка нейросетевых моделей диагностики особенностей развития опорно-двигательного аппарата детей» приняты к использованию в ГБУЗ АО «МИАЦ».

Разработанное приложение Денисюк А.М. и Диановой П.В. позволяет повысить точность диагностики плоскостопия и определения костного возраста у детей.

И.о. директора ГБУЗ АО «МИАЦ»
Спиров М.А.



The background is a dark blue gradient. There are three decorative circles: a large one in the center-right with diagonal stripes, and two smaller ones in the top-left and bottom-right corners with vertical stripes.

BoneAtlas

Денисяк
Анна Михайловна
denisyakann@gmail.com

Дианова
Полина Витальевна
dianovapv@gmail.com