

РЕКОНСТРУКЦИЯ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ПОЯСНИЧНОГО ОТДЕЛА ПОЗВОНОЧНИКА ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ АРХИТЕКТУРЫ U-NET, РЕАЛИЗОВАННОЙ НА ФРЕЙМВОРКАХ KERAS И PYTORCH

Куцый Даниил Александрович

студент, Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого,
Республика Беларусь, г. Гомель

Томографические методы визуализации, такие как компьютерная томография, предоставляют ценные данные для диагностики заболеваний и исследования внутренних структур человеческого тела, а обработка и реконструкция этих данных в виде трехмерных моделей анатомических объектов открывает дополнительные возможности для всестороннего анализа и изучения, дополняя традиционные методы медицинской визуализации.

Разработка систем реконструкции трехмерных моделей позвоночника на основе данных компьютерной томографии имеет следующую актуальность:

- повышение точности визуализации и анализа состояния позвоночника, что улучшает качество диагностики и лечения заболеваний позвоночника;
- использование прецизионных трехмерных моделей позвоночника повышает качество хирургического планирования операций на позвоночнике, позволяя врачам лучше визуализировать анатомию и спланировать вмешательство;
- применение прецизионных моделей позвоночника в ортопедическом протезировании обеспечивает более точную подгонку и изготовление имплантатов и протезов для пациентов;
- наличие таких систем представляет научно-исследовательский интерес для изучения биомеханики позвоночника, моделирования его движений и напряжений, что важно для понимания функционирования позвоночного столба.

В частности, разработка соответствующей системы реконструкции трехмерной модели позвоночника человека включает следующие этапы (шаги):

1. поиск и подготовка исходных данных: получение данных по запросу в частный медицинский центр или государственное учреждение здравоохранения, поиск данных в глобальной сети Интернет, ручная разметка (определение контуров позвонков) с помощью существующих приложения или ресурсов (использовалось приложение Slicer3D), создание тренировочной и тестовой выборки;
2. предобработка данных, очистка КТ-снимков человека от артефактов: применение характеристик ширины/длины окна в HU-единицах, а также итерационных алгоритмов (фильтров) очистки (используется медианный фильтр);
3. определение архитектуры Unet [1], подбор параметров, обучение нейронной сети с использованием фреймворков Keras [2], PyTorch [3] и средств языка программирования Python: features_number – 32, learning_rate – 0.001, batch_size – 64, метод оптимизации – Adam, функция loss – бинарная кросс-энтропия (binary cross entropy), метод расчета accuracy – Intersection over Union (IoU), epochs – 50;

4. проверка работоспособности нейронных сетей на тестовой выборке;
5. построение сетки на основе полученных контуров позвонков человека с использованием алгоритма марширующих кубов [4];
6. экспорт сетки в формат STL (standard tessellation language).

На рисунке 1 представлен результат сегментации с помощью нейронной сети, реализованной на фреймворке PyTorch.

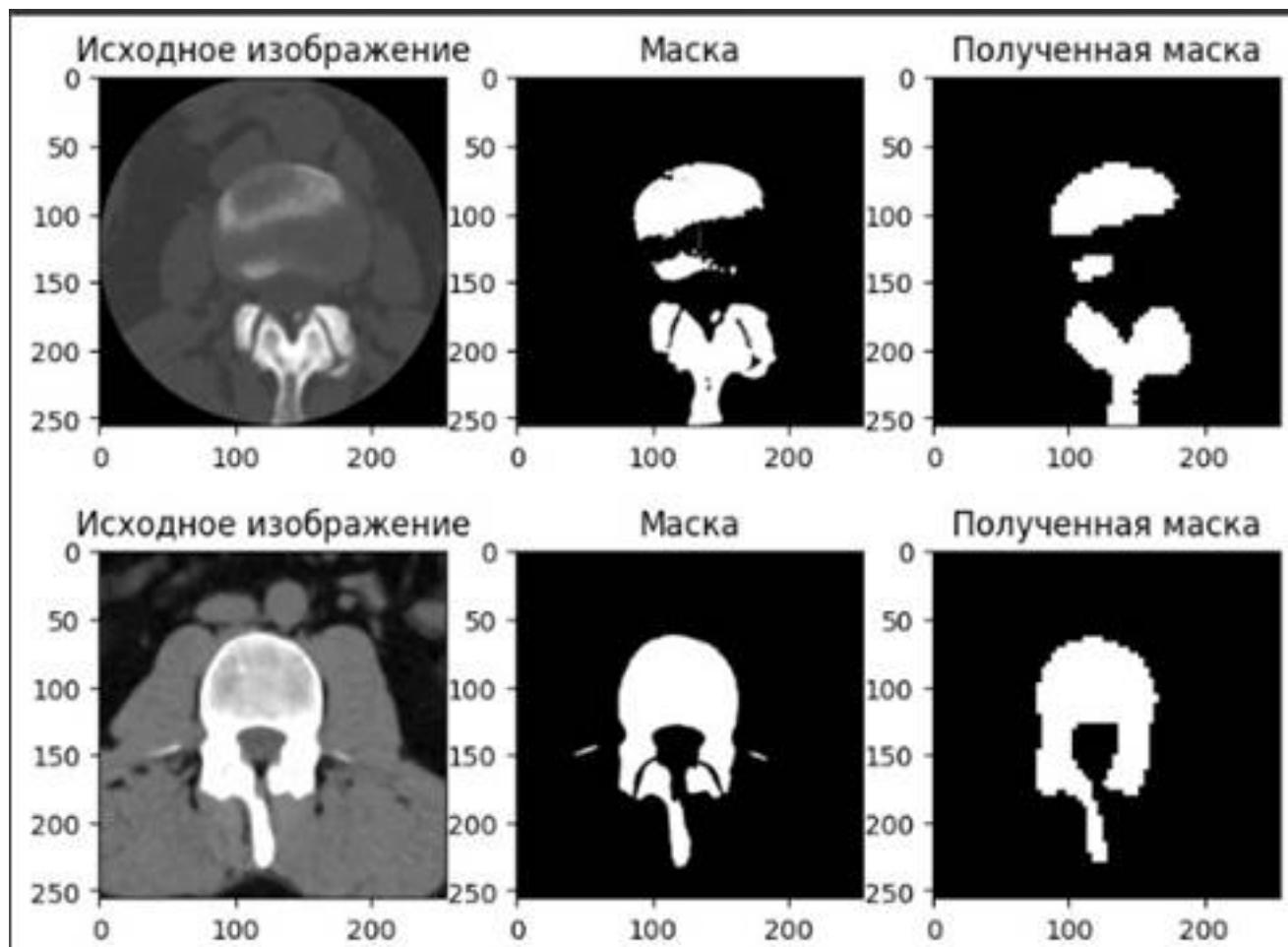


Рисунок 1. Результат сегментации с помощью нейронной сети на PyTorch

На рисунке 2 представлен результат сегментации с помощью нейронной сети, реализованной на фреймворке Keras.

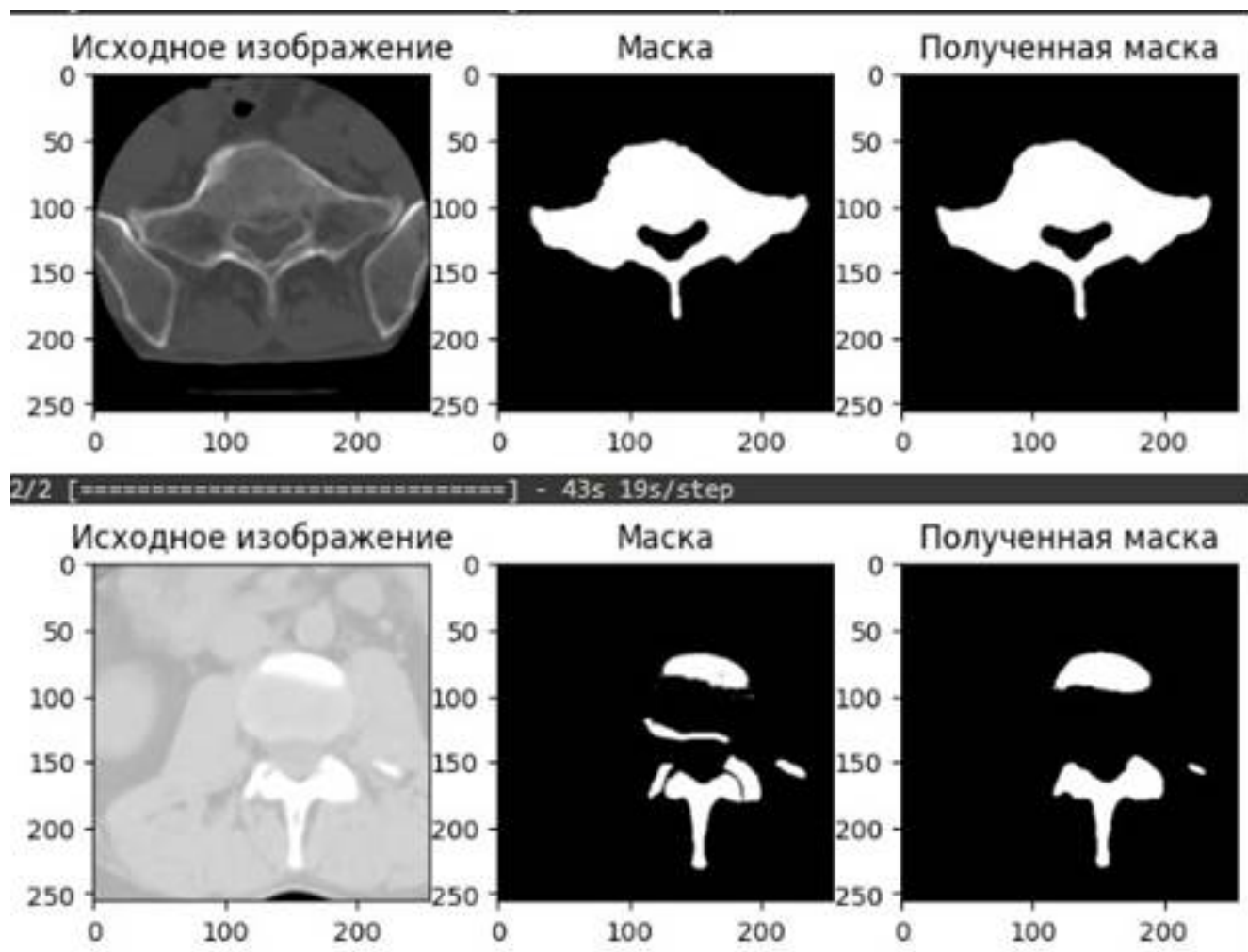


Рисунок 2. Результат сегментации с помощью нейронной сети на Keras

На рисунке 3 представлен результат построения STL-модели поясничного отдела позвоночника человека по тестовым данным при использовании нейронной сети, реализованной при помощи фреймворка PyTorch.

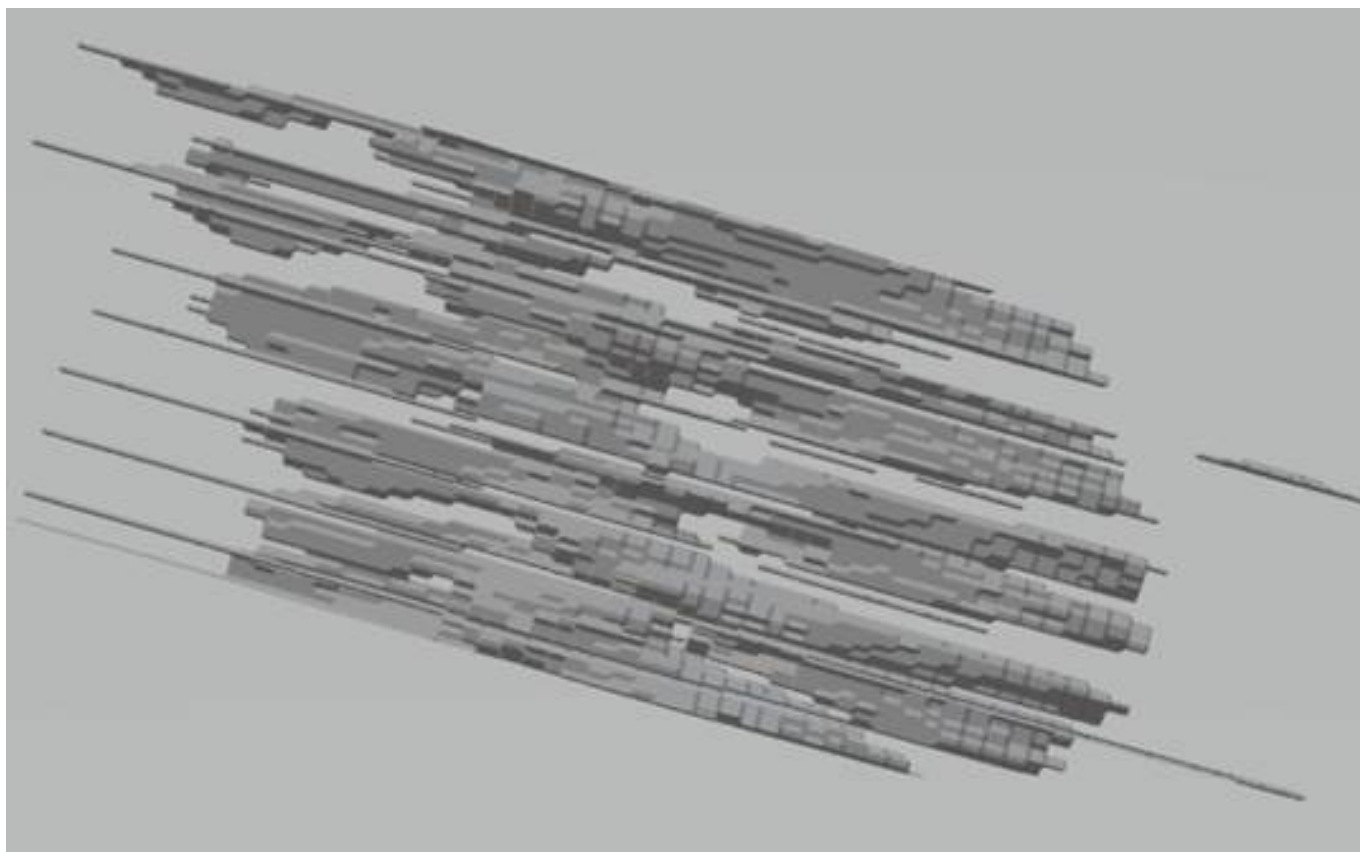


Рисунок 3. STL-модель позвоночника при использовании фреймворка PyTorch

На рисунке 4 представлен результат построения STL-модели поясничного отдела позвоночника человека по тестовым данным при использовании нейронной сети, реализованной при помощи фреймворка Keras.

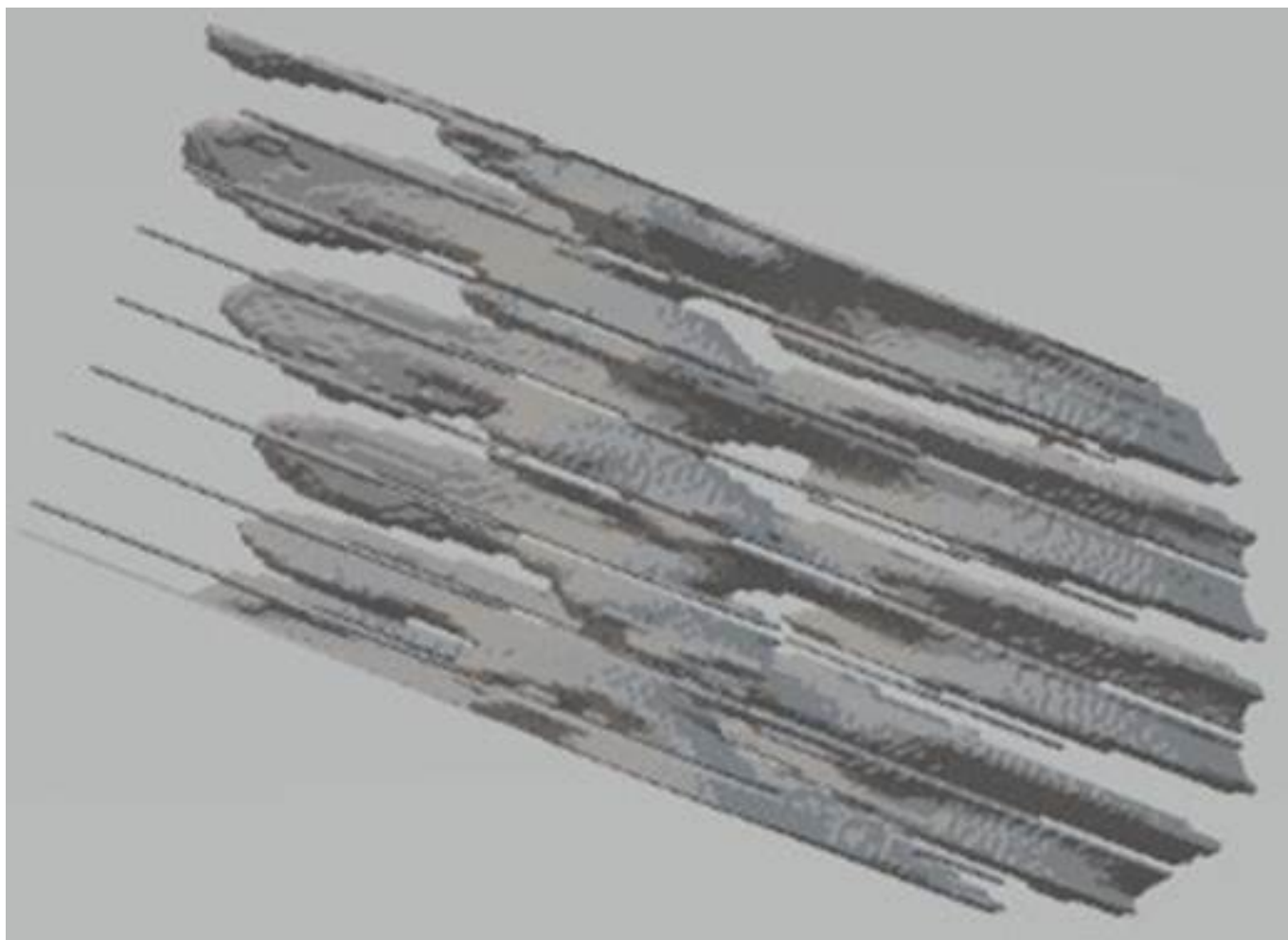


Рисунок 4. STL-модель позвоночника при использовании фреймворка Keras

Таким образом, результатами выполненной работы являются STL-модели поясничного отдела позвоночника человека, которые возможно открыть в любом инженерном пакете САПР (CAD) или пакете моделирования (CAE).

Список литературы:

1. Архитектура U-Net [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://theaisummer.com/unet-architectures> (дата обращения: 12.02.2024).
2. Документация Keras [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://keras.io/api> (дата обращения: 14.02.2024).
3. Документация PyTorch [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pytorch.org/docs/stable/index.html> (дата обращения: 15.02.2024).
4. Курочка, К. С. Адаптированные алгоритмы Dual Contouring и Marching Cubes для 3D-реконструкции поясничного отдела позвоночника человека / К. С. Курочка, Т. С. Семенченя // Доклады БГУИР. 2023. Т. 21, № 6. С. 99-105.