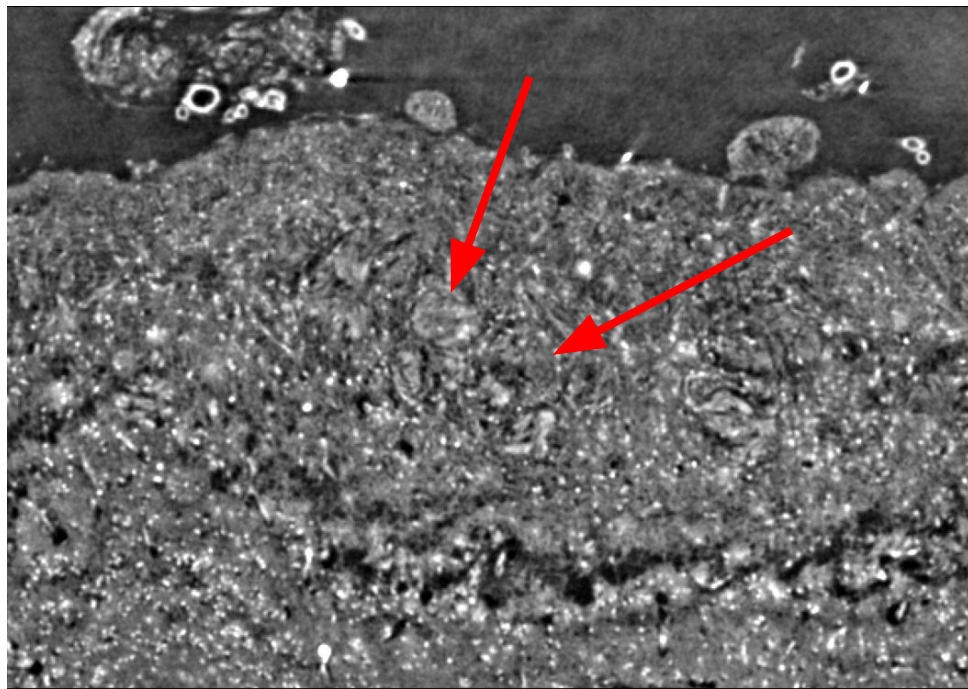
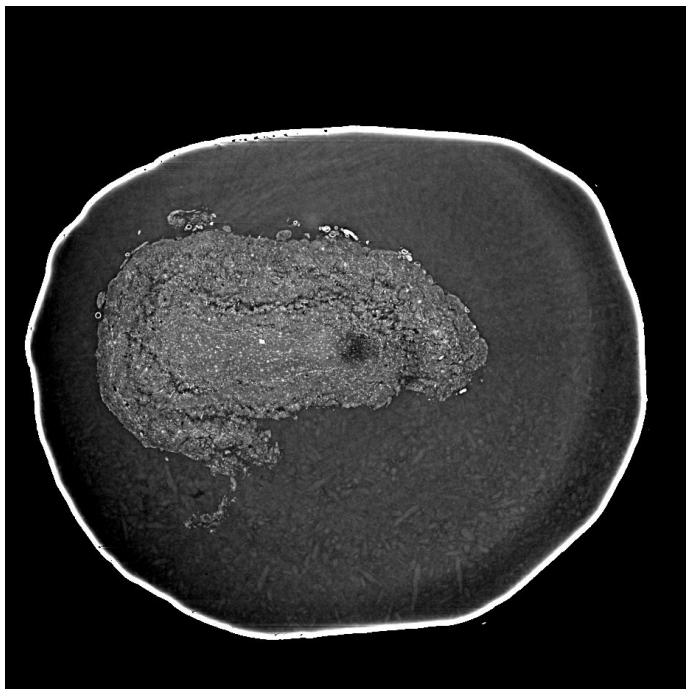


Изучение морфологического строения обонятельной луковицы человека по результатам фазо-контрастной томографии с привлечением нейросетевых моделей

А. А. Смолин, М. В. Чукалина, И. Н. Букреева, О. А. Юнеман

Постановка задачи

Сегментация клубочков нервных окончаний (Glomerulus) в glomerular слое обонятельной луковицы на томографических реконструкциях с целью создания модели морфологической структуры для дальнейшего исследования влияния повреждения морфологической структуры на развитие нейродегенеративных заболеваний.



Актуальность

Нарушения работы обонятельной луковицы являются симптомом нейродегенеративных заболеваний, таких как болезнь Паркинсона и болезнь Альцгеймера (Ruan, Yang, et al. "Olfactory dysfunctions in neurodegenerative disorders." Journal of neuroscience research 90.9 (2012): 1693-1700.)

При болезни Альцгеймера повреждение клубочков может приводить к нарушению функций обонятельной луковицы. (Son, Gowoon, et al. "Severe histomorphological alterations in post-mortem olfactory glomeruli in Alzheimer's disease." Brain Pathology 32.2 (2022): e13033.)

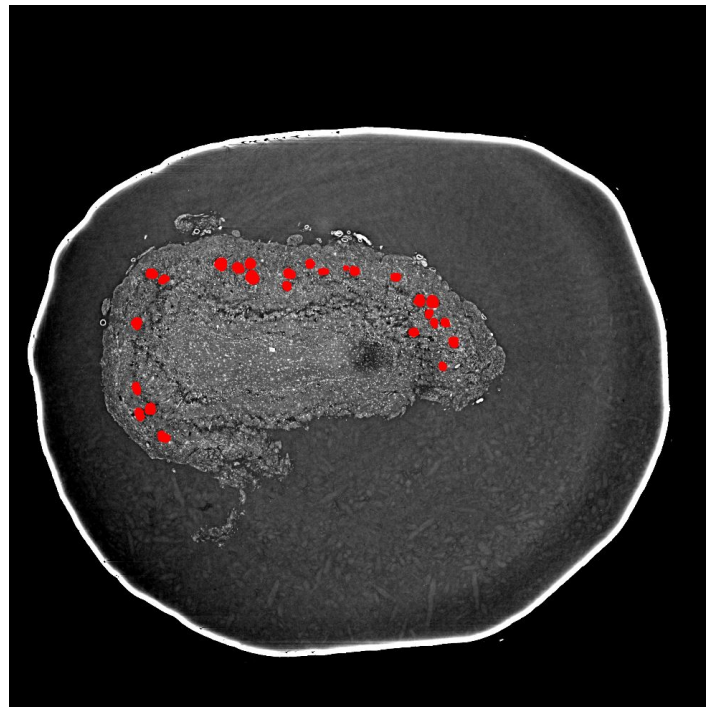
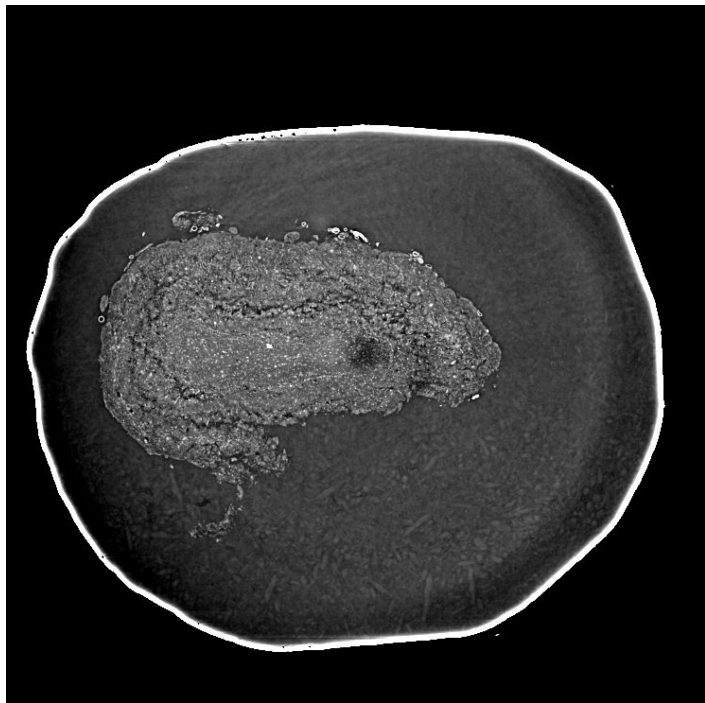
Текущее состояние дел в изучении морфологии

Проведена сегментация слоев обонятельной луковицы на томографических реконструкциях, полученных неразрушающим методом. (Meshkov, Alexandr, et al. "Deep Learning-Based Segmentation of Post-Mortem Human's Olfactory Bulb Structures in X-ray Phase-Contrast Tomography." Tomography 8.4 (2022): 1854-1868.)

Проведена сегментация обонятельной луковицы на изображениях полученных с помощью флуоресцентного сканера. Для этого обонятельная луковица была разрезана на слои по 10 мкм толщиной. (Zapiec, Bolek, et al. "A ventral glomerular deficit in Parkinson's disease revealed by whole olfactory bulb reconstruction." Brain 140.10 (2017): 2722-2736.)

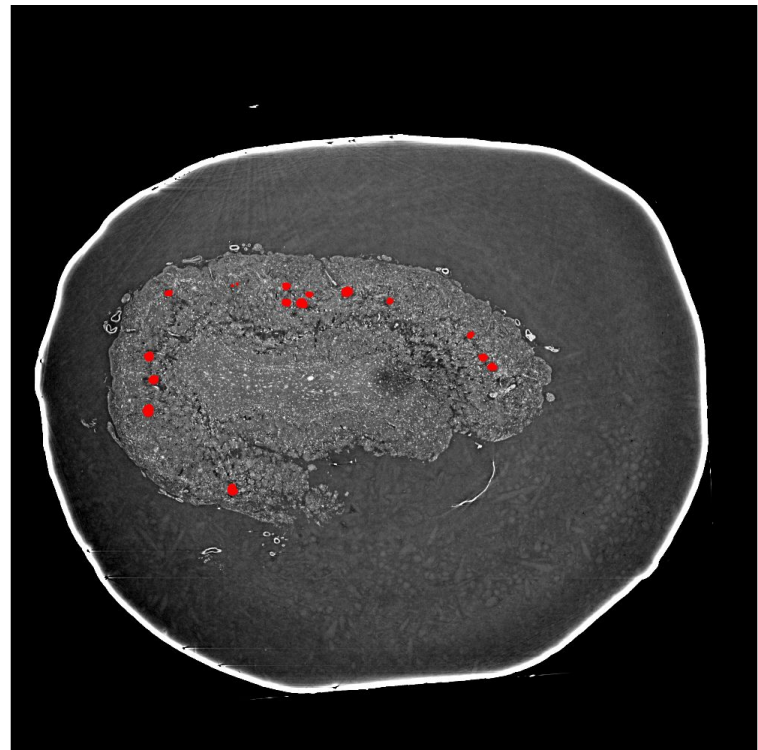
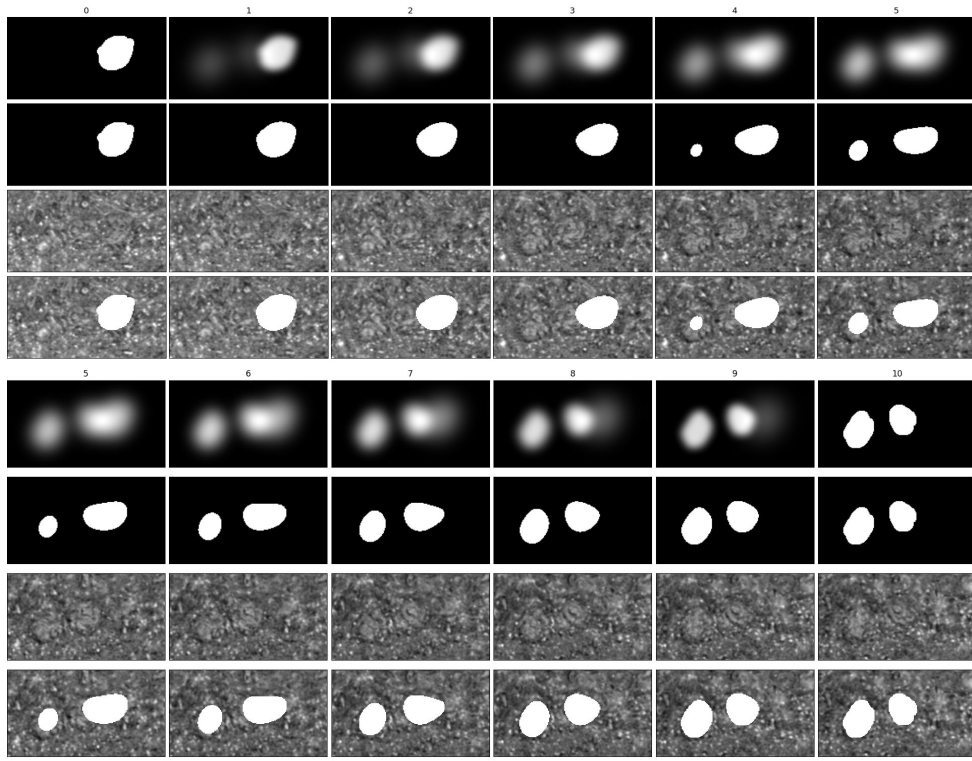
Датасет

Реконструкция 3D изображения обонятельной луковицы, находящейся в воске, полученная методом фазо-контрастной томографии: 4000 слоев размера 2461 x 2461 пикселей. Насколько нам известно, на текущий момент это единственная реконструкция обонятельной луковицы полученная в таком высоком разрешении.



Разметка датасета

1. Проведена разметку данных на каждом 10-ом сечении. Всего 30 срезов.
2. Построена модель для интерполяции масок на промежуточные слои.



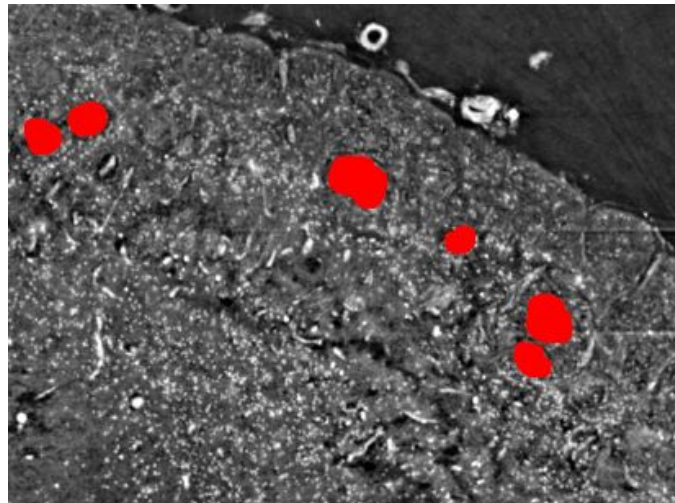
Разметка датасета

Проблемы

1. Сильная несбалансированность классов
2. Недостаточное качество разметки
3. Модель для интерполяции давала некорректные результаты

Решение

1. Размечать только часть объекта изучения и работать только с этой частью
2. Уменьшить промежуток разметки с 10 до 5 срезов, увеличив число размечаемых срезов с 30 до 60
3. Для разметки использовать максимум по 5 изображениям
4. Отказаться от модели интерполирования масок



Обучение

Baseline

1. Архитектура: UNet, глубина: 2 MaxPool
2. Оптимизатор: Adam, $lr=1e-3$
3. Loss: BCELoss
4. Метрика качества: Intersection over Union
5. Датасет: 300 пар изображений и масок 408x548 пикселей (260+40)

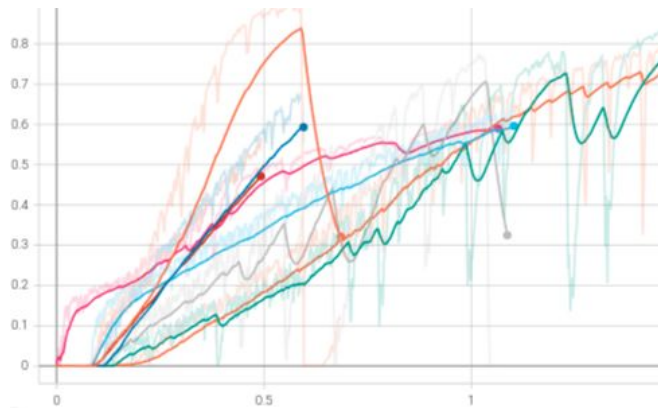
Проблемы

1. Недостаточное качество сегментации: большое количество как FP, так и FN
2. Переобучение: IoU на обучении: 0.90, на валидации: 0.15

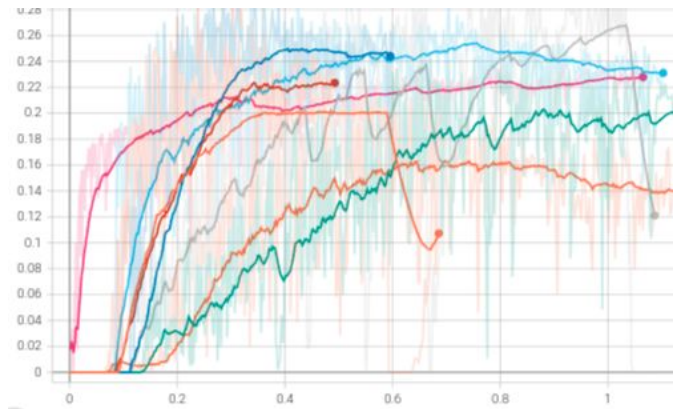
Способы улучшения качества и борьбы с переобучением

1. Использование аугментаций: горизонтальный/вертикальный флип, поворот на случайный угол с паддингом, добавление Гауссовского шума
2. Использование функций потерь: BCELoss, Dice Loss, Lovasz Loss
3. Изменение архитектуры сети: размер сверток 3/5, количество каналов 16/32/64/128, количество MaxPool слоев.
4. Подача на вход сети выхода алгоритма поиска границ Canny

Поведение метрики IoU в ходе обучения некоторых из рассмотренных моделей:



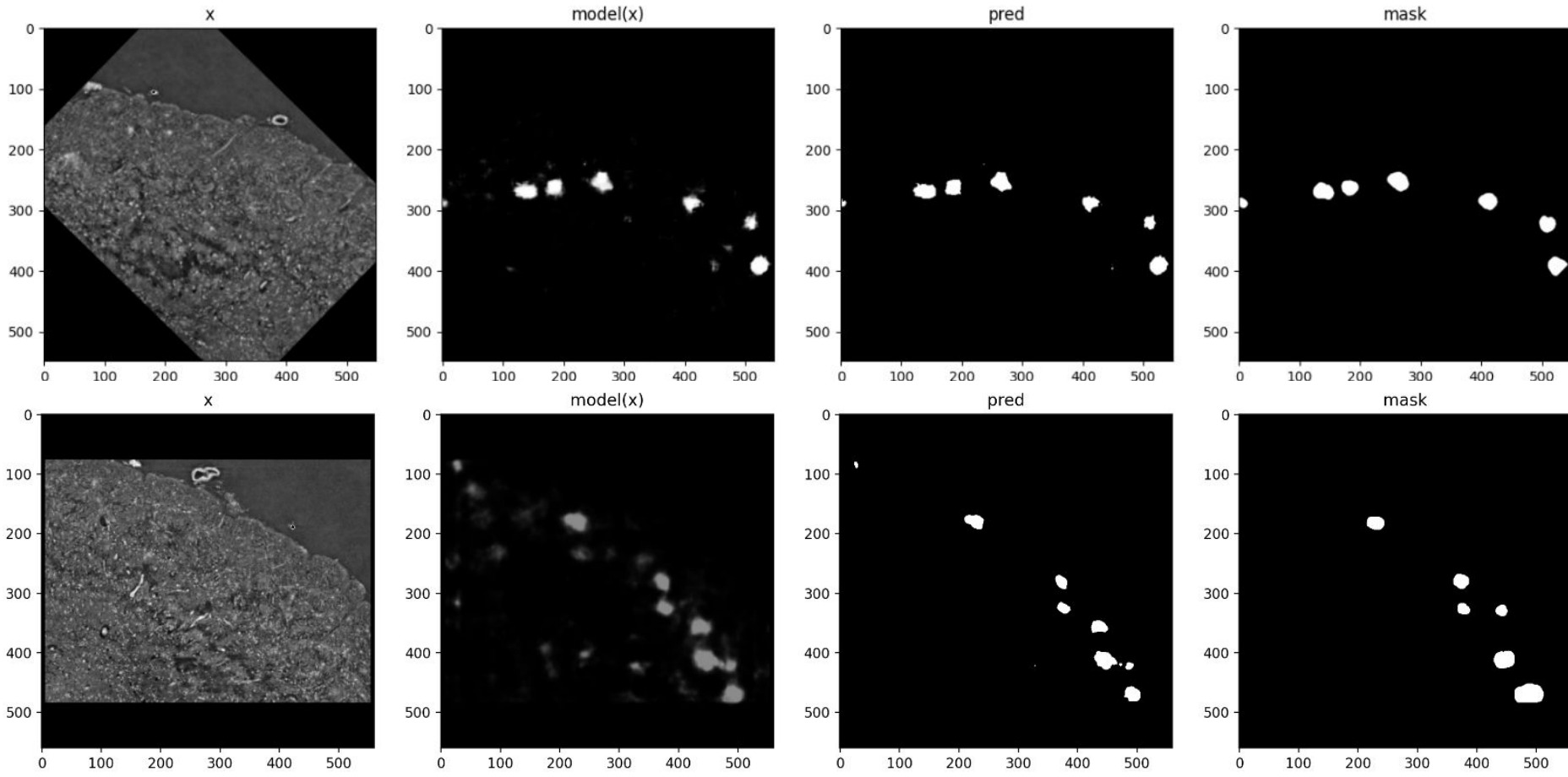
Обучение, IoU



Валидация, IoU

Результаты на текущий момент:

IoU на обучении: 0.55, на валидации: 0.35



Планы

1. Добавление других выходов других классических алгоритмов поиска границ на изображении на вход модели
2. Использование функции потерь меньше штрафующей за неверно найденные границы объектов
3. Получение сегментации клубочков нервных окончаний обонятельной луковицы на всех сечениях
4. Публикация результатов в журнале MDPI Brain Sciences