

■ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНЕ



Программная библиотека
для интеллектуальной поддержки врачей,
занимающихся исследованиями
ишемизированного головного мозга по данным МРТ

Докладчик:

К.Т.Н.,

Шустова Мария Вениаминовна

Москва

2023

Цель и актуальность

Цель — создание программной библиотеки для поддержки принятия решений врача-исследователя в задачах обработки и интерпретации данных магнитно-резонансной томографии (МРТ) при изучении зон ишемического поражения и особенностей движения трансплантированных в мозг мезенхимальных стволовых клеток (МСК).

Актуальность — несмотря на имеющийся прогресс в области автоматизации обработки данных, отсутствуют открытые комплексные библиотеки для построения прикладных медицинских инструментально-аналитических систем, отвечающих требованиям врачей, изучающих влияние трансплантированных МСК на течение ишемического инсульта и других заболеваний головного мозга. В рамках настоящей работы предлагается разработка новой высокопроизводительной программной библиотеки с открытыми кодами для проведения интеллектуального анализа и обработки медицинских данных и изображений. Ввиду повсеместного внедрения томографов, необходимость такого программного обеспечения очевидна.

Технологические задачи

В рамках настоящей работы решаются следующие **технологические задачи**:

- распознавание объектов интереса с учетом данных, полученных из нескольких источников (разных режимов работы томографа);
- комбинация различных типов алгоритмов, в том числе метрик, нейронных сетей, волновых алгоритмов, математического программирования, методов обработки сигналов;
- автономная тематическая сегментация и идентификация объектов, выделение зон поражения, в том числе в режиме, приближенном к реальному времени;
- подготовка наборов данных и обучение классификаторов, в том числе для постановки диагноза на основе анализа данных МРТ и снимков, построенных на их основе;
- предиктивный и сверхкраткосрочный анализ, позволяющий прогнозировать движение МСК и развитие болезни на основе анализа последовательности отдельных срезов МРТ, что необходимо для принятия решений;
- когнитивная визуализация медицинских технологических процессов, помогающая анализировать процессы развития заболеваний мозга и искать пути повышения эффективности работы врача-исследователя;
- синтез (генерация) трехмерных, двумерных изображений, совмещающий выделенные зоны поражения, скопления МСК и другие объекты с сохранением узнаваемости для создания реалистичных цифровых моделей в графическом интерфейсе пользователя.

Характеристики открытой программной библиотеки

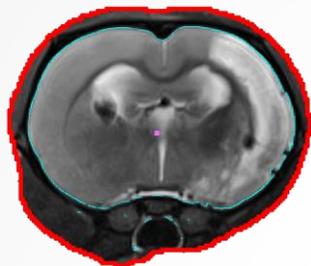
- **Вид решения:** открытая программная библиотека с модульной структурой.
- **Область применения библиотеки:** экспресс-диагностика значимых показателей при ишемическом инсульте головного мозга, поддержка проведения исследований в области клеточной терапии.
- **Категории потребителей библиотеки:** больницы, медицинские и научно-исследовательские учреждения, медицинские диагностические центры.
- **Структура библиотеки:** графический интерфейс, модули (предобработка, интеллектуальный анализ МРТ-данных, когнитивная визуализация, вычисление статистических данных).
- **Возможность интеграции** с другими медицинскими системами определяется унификацией модулей с возможностью наращивания функциональных возможностей.
- **Текущая стадия разработки:** действующий продукт, требующий минимальной коррекции.
- **Сертификация** программного продукта не предусмотрена.

Структура открытой программной библиотеки

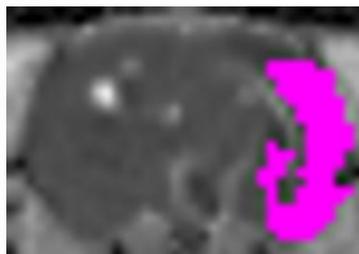
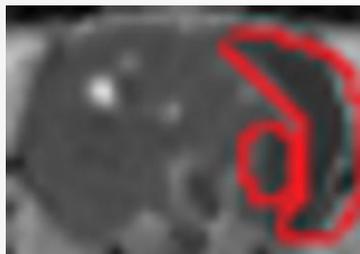


Автоматическое выделение областей интереса

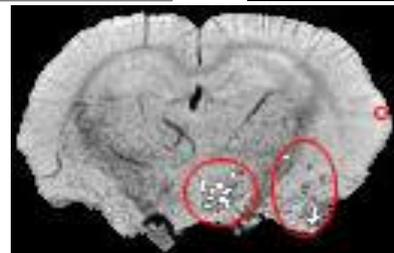
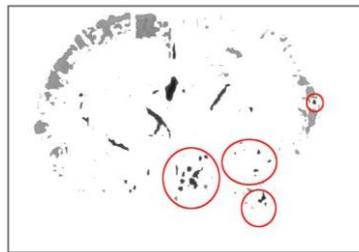
Выделение области мозга



Выделение области ишемического поражения



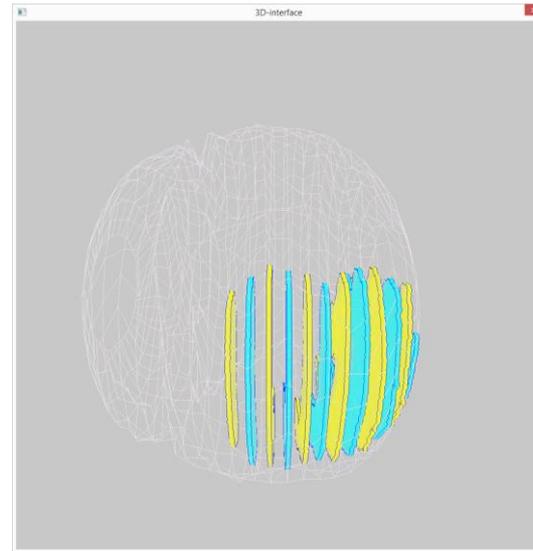
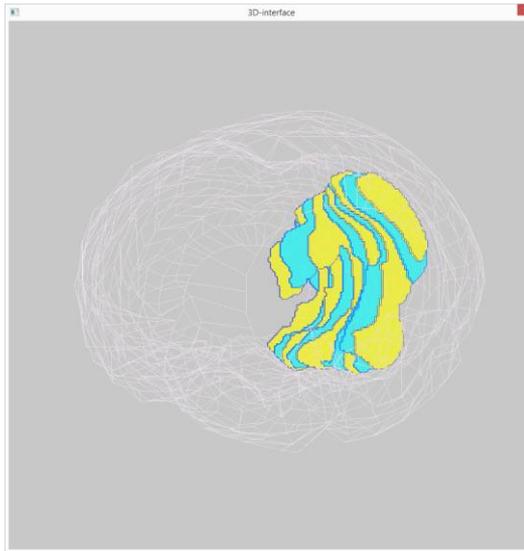
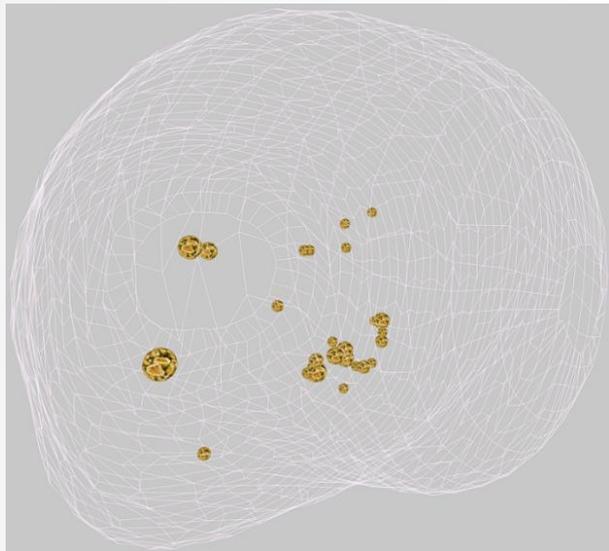
Выделение скоплений стволовых клеток



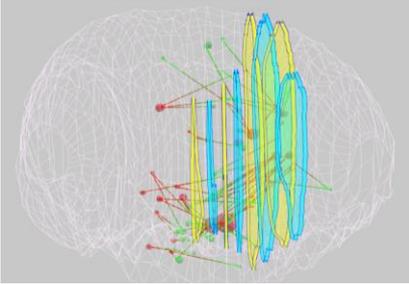
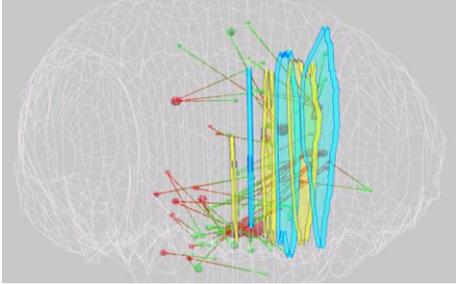
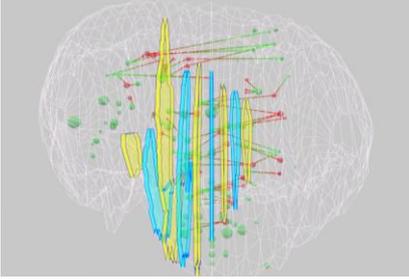
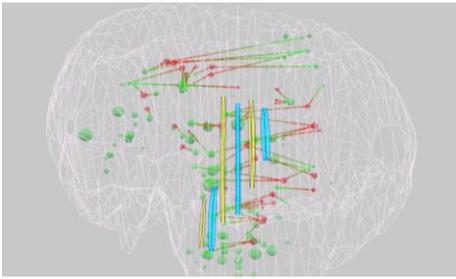
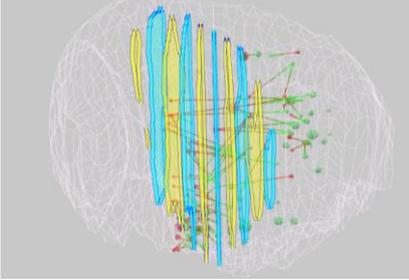
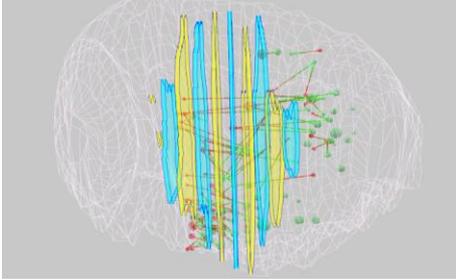
Построение 3D-моделей мозга с выделенными областями интереса

Общая схема:

- волновой алгоритм для первичного выделения зон ишемии;
- метод Сатпу для получения контуров областей ишемического поражения;
- построение невыпуклых оболочек областей ишемии для их обхода;
- триангуляция Зейделя для формирования поверхностей областей ишемии с пустотами.



Трекинг стволовых клеток

№	Совмещенное 3D-представление (состояние мозга в момент введения МСК)	Совмещенное 3D-представление (состояние мозга через несколько дней после введения МСК)
1 пациент (13 дней после введения)		
2 пациент (7 дней после введения)		
3 пациент (3 дня после введения)		

Измерение областей интереса

Вычисление площади области интереса

$$g(f(x, y)) = \begin{cases} 1, & f(x, y) > 0 \\ 0, & f(x, y) = 0 \end{cases},$$

$$S = \sum_{x=1, y=1}^{n, m} g(f(x, y)),$$

$f(x, y)$ – яркость рассматриваемого пикселя исходного изображения;

(x, y) – координаты рассматриваемого пикселя;

g – значение пикселя результирующей бинарной маски;

n – ширина изображения, m – высота изображения.

Вычисление объема области интереса

$$V = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{1}{3} h (S_i + \sqrt{S_i S_{i+1}} + S_{i+1}),$$

n – количество срезов в рассматриваемом снимке МРТ;

h – расстояние между срезами;

S_i – площадь области интереса (мозга или ишемического поражения) на рассматриваемом срезе.

Интерфейс пользователя (врача-исследователя)

Графический интерфейс врача-исследователя

Добавить новое исследование | Выбрать все | Убрать выделение | Удалить выбранное | Запустить обработку | Изменить настройки | О программе

	Серия снимков №1	Серия снимков №2	Серия снимков №3	Серия снимков №4	Серия снимков №5	Серия снимков №6
1 <input type="checkbox"/> Смешанный режим (МСК + ишемия)	До эксперимента Путь: задан Тип обрабатываемых данных: SWI-снимки Диапазон: 24 - 26	МСК: Дней от начала эксперимента: 5 Путь: задан Тип обрабатываемых данных: SWI-снимки Диапазон: 25 - 27 Ишемия: Дней от начала эксперимента: 3 Путь: задан Тип обрабатываемых данных: T2-снимки Диапазон: 13 - 15	МСК: Дней от начала эксперимента: 6 Путь: задан Тип обрабатываемых данных: SWI-снимки Диапазон: 23 - 25 Ишемия: Дней от начала эксперимента: 4 Путь: задан Тип обрабатываемых данных: T2-снимки Диапазон: 15 - 17			
2 <input type="checkbox"/> Поиск ишемических поражений	Дней после поражения: 0 Путь: задан Тип обрабатываемых данных: T2-снимки Диапазон: 0 - 10	Дней после поражения: 0 Путь: задан Тип обрабатываемых данных: T2-снимки Диапазон: 11 - 24				

Управление серией снимков

Данные для работы с мезэнхимальными стволовыми клетками

Прошло дней от начала эксперимента: 6

Тип обрабатываемых данных: SWI-снимки

Путь до серии снимков: dcm/IMA_after/

Диапазон обрабатываемых срезов: Все срезы? 23 - 25

Данные исследования ишемического поражения

Прошло дней от начала эксперимента: 4

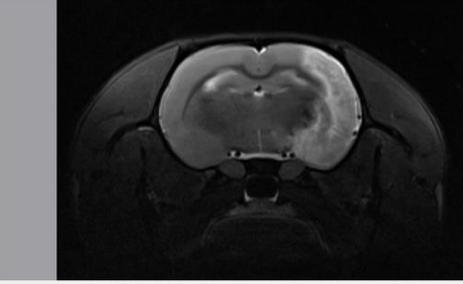
Тип обрабатываемых данных: T2-снимки

Путь до серии снимков: dcm/ischemia_DCM/4/

Диапазон обрабатываемых срезов: Все срезы? 15 - 17

Сохранить изменения

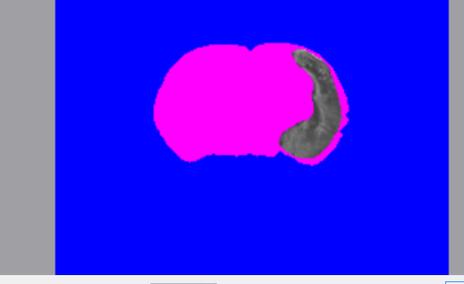
Обрабатываемые данные DICOM (серия снимков №1)



3 (0 - 10)

OK

Результат обработки данных DICOM (серия снимков №1)



3 (0 - 10)

3D

OK

Статистические данные (серия снимков №1)

Объем мозга, рх	Объем ишемии, рх	Доля повреждения, %
698469	127023	18.19 %

Кадр	Площадь мозга, рх	Площадь ишемии, рх	Доля повреждения, %
0	8239	434	5.27 %
1	8459	1262	14.92 %
2	8218	1121	13.64 %
3	8161	1465	17.95 %
4	7780	1960	25.19 %
5	7322	1808	24.69 %
6	6707	1688	25.17 %
7	6280	1231	19.6 %
8	5657	1152	20.36 %
9	5016	737	14.69 %
10	4288	281	6.55 %

OK

Конкурентные преимущества

Основными аналогами разрабатываемой библиотеки являются:

- FMRIB Software Library («FSL»);
- 3D Slicer;
- NITRC.

Преимущества предлагаемой программной библиотеки:

- Единая отечественная открытая программная библиотека, интегрированная с соответствующим графическим интерфейсом с широким функционалом, которая позволяет врачу-исследователю ставить и решать задачи высокоточного поиска в данных МРТ целевых объектов и областей интереса в интерактивном режиме работы, например, строить карты движения скоплений стволовых клеток.
- Решение задач высокоточного определения зон поражений, трекинга мезенхимальных стволовых клеток и когнитивной визуализации зон интереса.
- Совмещение современных методов МРТ и методов научной визуализации перенесет изучение трекинга трансплантированных клеток на качественно новый уровень.

Заключение

- Представлена разрабатываемая новая высокопроизводительная программная библиотека с открытыми кодами для проведения интеллектуального анализа и обработки данных МРТ. Высокая производительность будет обеспечиваться за счет использования технологий параллельного программирования с применением многоядерных процессоров и технологии GPGPU-вычислений.
- Программное обеспечение будет строиться по методологии, реализующей модульный принцип, за счет чего обеспечивается гибкость и наращиваемость функциональных возможностей библиотеки.
- В результате будет создана открытая библиотека, в состав которой войдут реализации методов обработки данных МРТ на основе машинного обучения, искусственных нейронных сетей, имитационного моделирования, распознавания образов, прогнозирования ситуаций, 2D- и 3D-когнитивной графики.
- Библиотека обеспечит интеллектуальную поддержку принятия решений врачей-исследователей в задачах обработки и интерпретации данных МРТ.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!