

ТЕКСТУРНЫЙ АНАЛИЗ И РАДИОМИКА В ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКЕ ОЧАГОВЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ПРИ РАССЕЯННОМ СКЛЕРОЗЕ

Авторы: Хвасточенко Глеб Игоревич, Брюхов Василий Валерьевич, Кротенкова Марина Викторовна
ФГБНУ «Российский центр неврологии и нейронаук», Москва, Россия
Контакты: hvastochenko.g.i@neurology.ru, +7 (495)490-22-05



Введение

Рассеянный склероз (РС) является одним из наиболее распространенных заболеваний центральной нервной системы у лиц молодого возраста и характеризуется многоочаговым поражением головного мозга. Дифференциальная диагностика этих очагов, в частности с церебральной микроангиопатией, остается сложной клинической задачей.



Рис. 1. Иллюзия-ассоциация радиомики сгенерированная ИИ. Упрощённое объяснение принципа радиомики: издалека не видны детали изображения.

Текстуальный анализ представляет собой метод объективной, математической оценки неоднородности (гетерогенности) изображений.

Радиомика – это обобщённый процесс автоматического извлечения, анализа и последующей интерпретации количественных признаков (биомаркеров изображений) на основе особенностей анализируемых текстурных характеристик.

Цель

Оценить диагностическую эффективность радиомического анализа стандартных МР-последовательностей для дифференциации очагов микроангиопатии от очаговых изменений при РС с учетом активности демиелинизирующего процесса.

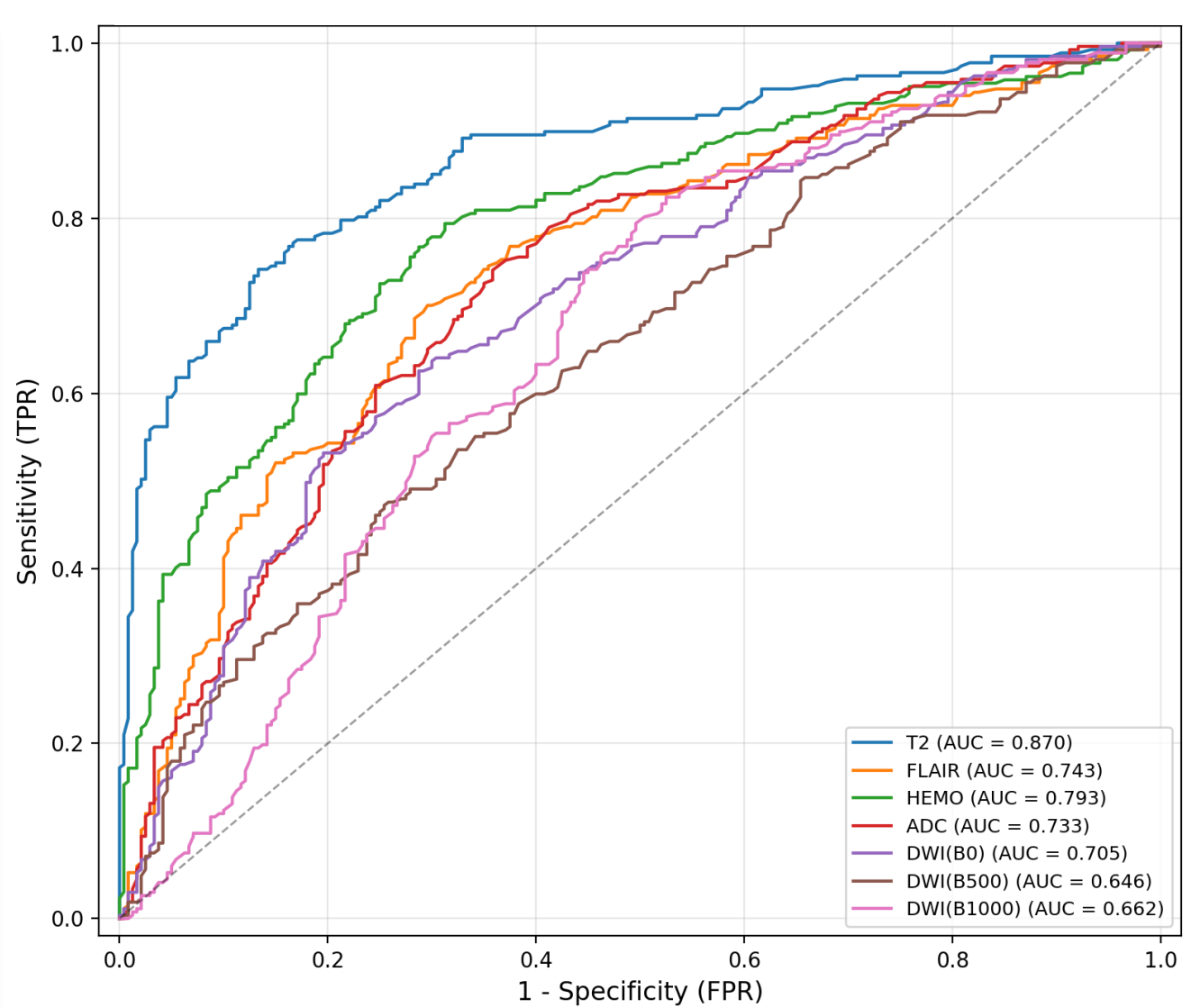
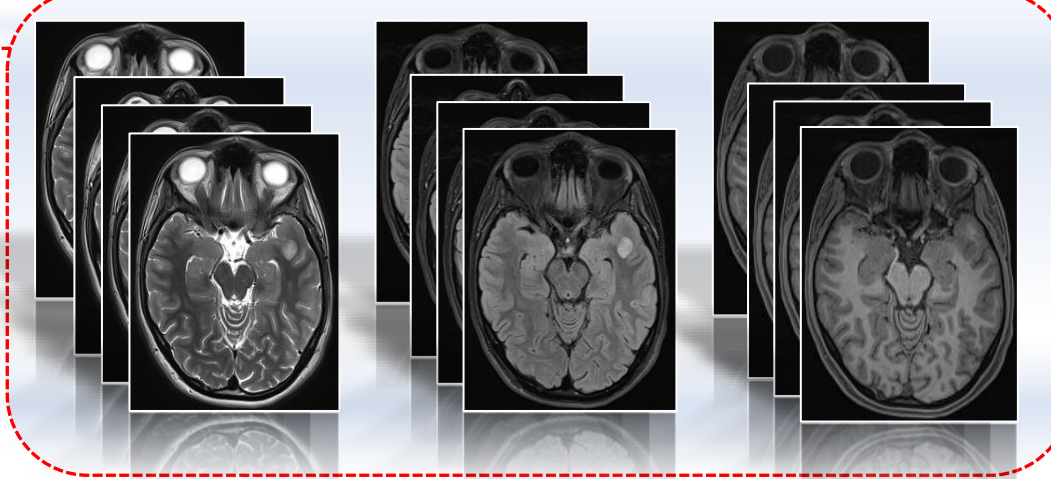


Рис. 2. ROC-кривые моделей для семи режимов МРТ в задаче дифференциации сосудистых и хронических очагов РС. Наибольшая площадь под кривой (AUC = 0,870) достигнута для T2-ВИ.

Материал и методы

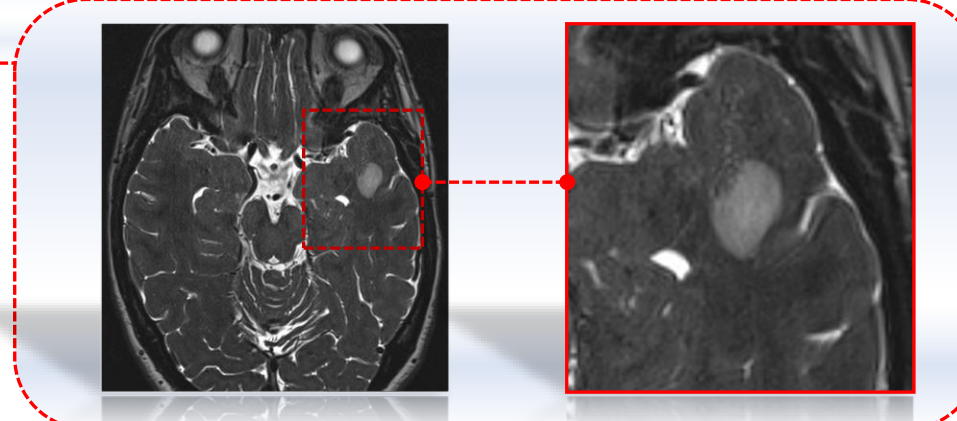
Исследование выполнено в соответствии с протоколом текстурного анализа и включало следующие этапы:

1 Получение изображений



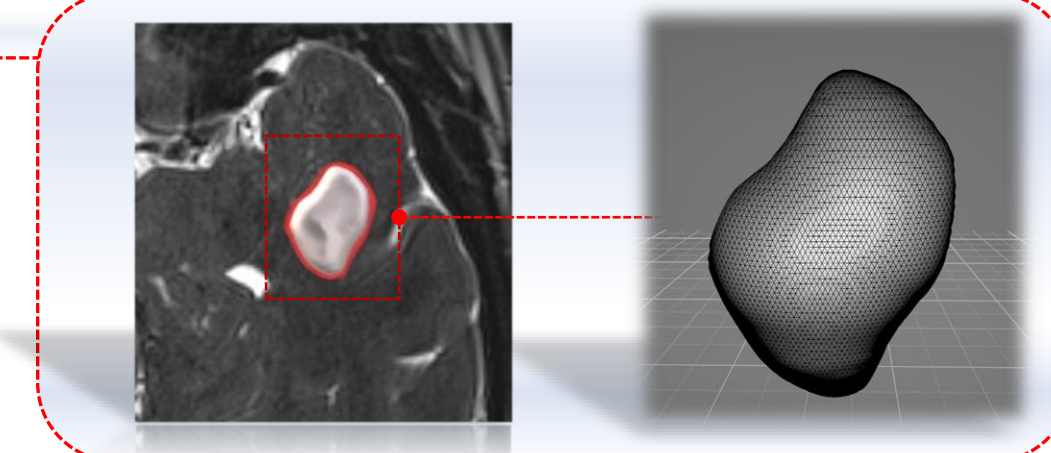
В исследование включены данные 153 пациентов, прошедших стандартный протокол МРТ-сканирования: 50 пациентов с очагами микроангиопатии, 53 — с активными и 50 — с неактивными (хроническими) очагами РС.

2 Идентификация очага



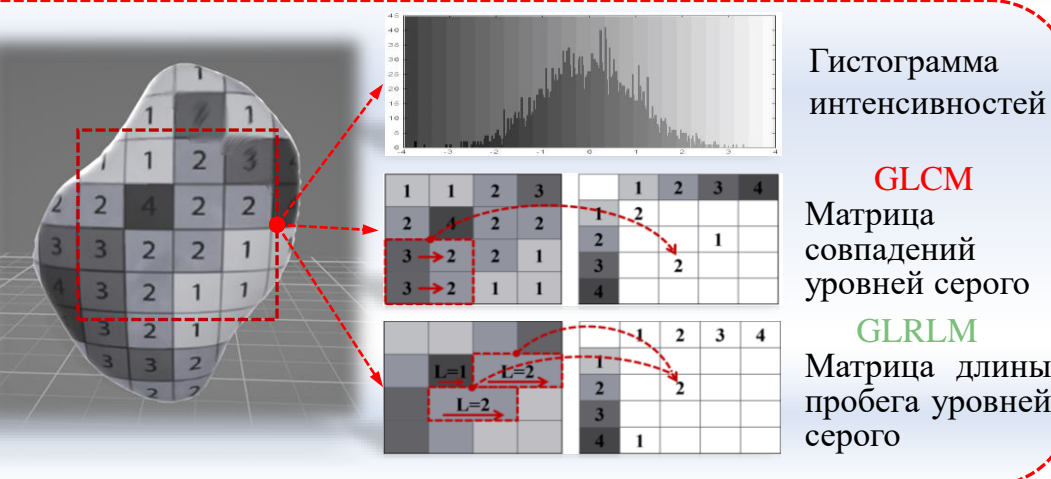
Всего проанализирован 631 очаг: 240 сосудистых (микроангиопатия), 267 хронических и 124 активных очагов РС.

3 Сегментация области интереса



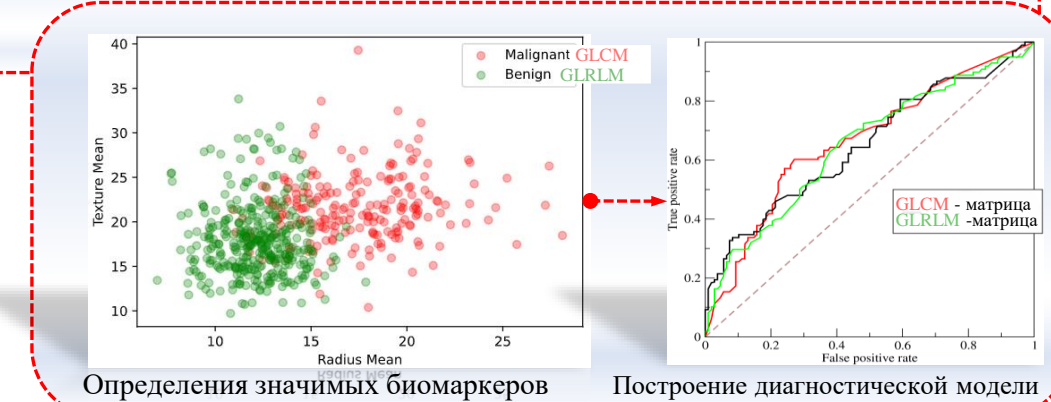
Ручная сегментация очагов выполнена на T2-ВИ (T2-взвешенных изображениях). Выделенные зоны интереса (ROI) были перенесены на совмещенные (ко-регистрированные) режимы МРТ для унификации анализа.

4 Получение показателей текстуры



Для каждой ROI извлекалось 107 радиомических признаков на семи режимах МРТ: гистограммные показатели (first-order features), текстурные признаки второго порядка (матрицы GLCM, GLRLM, GLSZM, GLDM, NGTDM), а также признаки формы ROI.

5 Статистический анализ данных



Применялась 5-кратная стратифицированная групповая кросс-валидация. Анализ включал стандартизацию признаков, их отбор с использованием критерия Манна-Уитни и LASSO-регрессии, классификацию методом Random Forest. Эффективность моделей оценивалась по метрикам AUC-ROC, accuracy, sensitivity, specificity.

Результаты

При дифференциации сосудистых и хронических очагов при РС наилучшие результаты достигнуты на T2-ВИ: AUC — 0,870, точность — 79%, чувствительность — 78%, специфичность — 80% (модель включала 9 признаков) (рис. 2).

При дифференциации сосудистых очагов и активных очагов РС анализировались две зоны интереса:

• «Большая зона» (включающая перифокальные изменения с отеком): AUC — 0,887, точность — 83%, чувствительность — 66%, специфичность — 91% (рис. 3а).

• «Малая зона» (зона, соответствующая контрастному усилению): продемонстрировала отличные результаты со значениями AUC, близкими к 0,99 (рис. 3б).

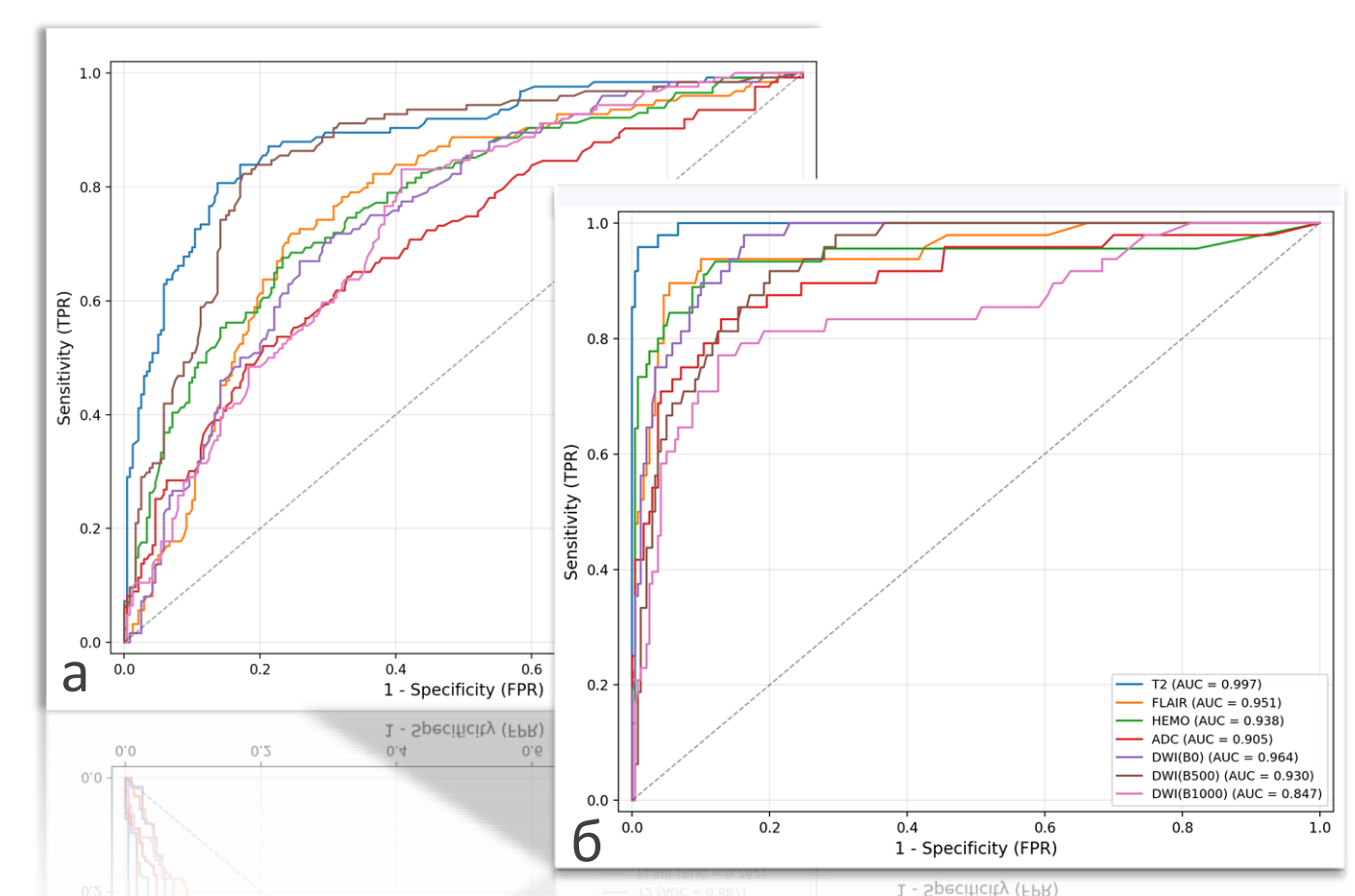


Рис. 3. ROC-кривые для семи режимов МРТ при дифференциации сосудистых и активных очагов РС. а — анализ по «большой зоне» (включающая перифокальные изменения с отеком); б — анализ по «малой зоне» (зона, соответствующая контрастному усилению).

Обсуждение

Радиомический анализ, в особенности на основе T2-ВИ, демонстрирует высокую точность (AUC 0,87–0,99) в дифференциации очаговых изменений при РС и микроангиопатии. Наибольшая эффективность метода достигнута при анализе «малой зоны» что, вероятно, обусловлено более выраженной текстурной неоднородностью активного демиелинизирующего процесса по сравнению с сосудистыми изменениями. Размытие признаков в перифокальной области («большая зона») снижает диагностическую ценность метода, что требует дальнейшего изучения.

Заключение

Текстуальный анализ и радиомика МРТ-изображений обладают значительным потенциалом в дифференциальной диагностике очаговых изменений головного мозга при рассеянном склерозе. Оптимизация алгоритмов вычисления признаков, определение наиболее информативных из них, а также стандартизация и внешняя валидация получаемых биомаркеров являются необходимыми условиями для внедрения данных методов в клиническую практику с целью повышения точности диагностики демиелинизирующих заболеваний.

Список литературы

- Хвасточенко Г.И., Брюхов В.В., Кротенкова М.В. Текстуальный анализ и радиомика в диагностике рассеянного склероза: обзор // Digital Diagnostics. 2025. DOI: 10.17816/DD656073.
- Lambin P, Rios-Velazquez E, Leijenaar R, et al. Radiomics: extracting more information from medical images using advanced feature analysis // Eur J Cancer. 2012.
- Дифференциальная диагностика демиелинизирующих и аутоиммунных воспалительных заболеваний центральной нервной системы / Под ред. М.Н. Захаровой. М.: РООИ «Здоровье человека», 2025. 288 с.