

Объяснимое обнаружение легочного фиброза с использованием сегментации легких на основе расширенного дилатированного целостного обнаружения краев и классификации ResNet-V2

Источник: Frontiers in AI — Medicine

Оригинал: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frai.2026.1858838>

глубокое обучение

диагностика

объяснимый ИИ

пульмонология

радиология

сегментация изображений

Введение

Легочный фиброз (PF) — это прогрессирующее интерстициальное заболевание легких, требующее точного и раннего выявления для повышения выживаемости пациентов и улучшения планирования лечения.

Методы

В данном исследовании предлагается объяснимая архитектура глубокого обучения для обнаружения легочного фиброза по рентгенограммам грудной клетки путем интеграции сети сегментации с использованием расширенного дилатированного целостного обнаружения краев (**ES-D-HED**, edge-strengthened dilated holistic edge detection) и тонко настроенной модели классификации **ResNet152V2**. В отличие от традиционных подходов на основе **HED**, предложенная архитектура **ES-D-HED** включает дополнительную ветвь промежуточного расширенного вывода (dilated intermediate-output branch) и улучшенное многомасштабное слияние краев для улучшения контекстного моделирования границ и непрерывности структурных краев, связанных с фиброзом.

Предложенная структура сочетает в себе сегментацию легких с учетом краев, классификацию фиброза и объяснимость на основе метода **Grad-CAM** для обеспечения интерпретируемой поддержки принятия клинических решений. Модель была протестирована на отобранном подмножестве общедоступного набора данных рентгенограмм грудной клетки **NIH** с использованием пятикратной перекрестной проверки на уровне пациентов. Поскольку набор данных **NIH** не содержит масок сегментации фиброза, репрезентативные области **PF** были ретроспективно аннотированы клиническим экспертом-рентгенологом для количественной валидации.

Результаты и обсуждение

Экспериментальные результаты продемонстрировали точность классификации **98,6%**, чувствительность **98,0%**, специфичность **99,2%** и показатель **F1-score 98,5%**. Предложенная модель сегментации достигла коэффициента сходства Дайса (**Dice similarity coefficient**) **0,904** для сегментации нормальных легких и **0,843** для сегментации областей **PF**, что указывает на сильное структурное соответствие экспертным аннотациям.

Визуализация с помощью **Grad-CAM** также подтвердила, что модель успешно идентифицировала аномальные области легких, связанные с фиброзом. Предложенная архитектура демонстрирует потенциал применения объяснимого глубокого обучения с усилением краев в системах скрининга **PF** на основе рентгенографии грудной клетки. Будущие исследования будут включать классификацию многоклассовых интерстициальных заболеваний легких, оценку степени тяжести фиброза и многоцентровую клиническую валидацию для применения в реальной клинической практике.