

HybridCATNet: объяснимая архитектура CNN-Transformer с ранним многоканальным слиянием и оценкой неопределенности для обнаружения пневмонии на рентгеновских снимках грудной клетки

Источник: Frontiers in Digital Health

Оригинал: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fdgth.2026.1769444>

deep learning

диагностика

компьютерное зрение

объяснимый ИИ

пневмония

радиология

Введение

Пневмония остается одной из ведущих причин заболеваемости и смертности во всем мире, особенно среди детей и пожилых людей, что делает быструю и надежную интерпретацию рентгенограмм грудной клетки необходимой для своевременного принятия клинических решений. В данном исследовании предлагается **HybridCATNet** — объяснимая и учитывающая неопределенность архитектура глубокого обучения для автоматизированного обнаружения пневмонии на рентгенограммах грудной клетки.

Методы

HybridCATNet объединяет сверточную нейронную сеть (CNN) и визуальный трансформер (Vision Transformer) для захвата как мелкозернистых локальных рентгенологических признаков, так и долгосрочных анатомических зависимостей. Для включения клинически значимых априорных данных изображения используется стратегия раннего девятиканального

мультиканального слияния, которая объединяет исходные рентгенограммы грудной клетки в градациях серого, маски сегментации легких и карты структурных контуров с усилением краев. Модуль каскадного пространственно-канального внимания (Cascaded Spatial-Channel Attention Module) дополнительно уточняет представление диагностических признаков, а во время логического вывода применяется байесовский дропаут (Bayesian dropout) для оценки прогностической неопределенности. Модель обучалась и оценивалась на сбалансированном многоцентровом наборе данных, состоящем из 8 478 подлинных рентгенограмм грудной клетки, без использования синтетического гиперсэмплинга, с применением 10-кратной перекрестной проверки. Обобщающая способность была дополнительно оценена на двух независимых внешних валидационных когортах. Объяснимость оценивалась с помощью методов **Grad-CAM** и **SHAP**.

Результаты

В ходе 10-кратной перекрестной проверки **HybridCATNet** достигла площади под ROC-кривой (ROC-AUC) 0,9953, точности (accuracy) 96,93%, чувствительности (sensitivity) 98,13% и специфичности (specificity) 95,72%. Внешняя валидация продемонстрировала стабильную кросс-доменную производительность с точностью не менее 94,8% в обеих независимых когортах. Анализ объяснимости показал высокую степень соответствия между картами внимания, сгенерированными моделью, и патологическими областями, аннотированными рентгенологами, достигнув показателя пересечения над объединением (IoU) 0,812 и корреляции достоверности (faithfulness correlation) 0,921.

Обсуждение

Результаты демонстрируют, что **HybridCATNet** обеспечивает точное, интерпретируемое и учитывающее неопределенность обнаружение пневмонии, сохраняя при этом высокую обобщающую способность на внешних наборах данных. Благодаря интеграции мультиканального слияния изображений, гибридного обучения признакам на основе CNN-Transformer, уточнения с помощью механизмов внимания, оценки прогностической неопределенности и объяснимости, предлагаемая архитектура представляет собой клинически прозрачный подход к поддержке принятия решений с потенциалом помощи в скрининге пневмонии и повышении уверенности при рентгенологической диагностике с помощью ИИ.

Перевод выполнен: 22.07.2026 | ai4med.ru

Машинный перевод. Рекомендуем сверять с оригиналом при клиническом использовании.