

Ансамблевое обучение на основе переноса обучения для цитологической классификации плевральной жидкости

Источник: Frontiers in Digital Health

Оригинал: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fdgth.2026.1849898>

transfer learning

ансамблирование

глубокое обучение

диагностика

онкология

цитология

Цитологическое исследование плеврального выпота имеет решающее значение для диагностики доброкачественных и злокачественных состояний, однако ручная интерпретация остается трудоемким процессом, подверженным субъективности. Растущее бремя злокачественного плеврального выпота в условиях ограниченных ресурсов подчеркивает необходимость автоматизированных диагностических решений.

В данном исследовании представлена ансамблевая архитектура глубокого обучения, объединяющая архитектуры **ResNet50V2**, **DenseNet121** и **InceptionV3** с использованием обучения с переносом знаний (**transfer learning**) для классификации изображений цитологии плеврального выпота на категории «отсутствие признаков злокачественности» (**NFM** — negative for malignancy) и «злокачественные клетки» (**MAL** — malignant).

Были оценены три сценария: отсутствие аугментации данных, 50% аугментации и 300% аугментации. Для обучения, валидации и независимого тестирования использовался локальный набор данных из 1292 изображений из Национальной больницы Кайетано Эредия (**Hospital Nacional Cayetano Heredia**) и внешний набор данных Kaggle (693 изображения).

Эффективность оценивалась с помощью показателей точности (**accuracy**), прецизионности (**precision**), полноты (**recall**) и F1-меры (**F1-score**) для отдельных моделей и стратегий ансамблевого голосования (**hard voting** — жесткое голосование и **soft voting** — мягкое голосование).

Ансамбль **ResNet + DenseNet** с использованием мягкого голосования и 300% аугментации данных достиг наивысшей точности (96,2% на локальном наборе данных; 89,6% на внешнем наборе данных), превзойдя отдельные модели во всех сценариях. Увеличение набора данных посредством аугментации значительно улучшило обобщающую способность и устойчивость моделей.

Предложенный ансамблевый подход поддерживает цитологическую диагностику, потенциально снижая диагностическую неопределенность при выявлении карциномы плевры. Наши результаты демонстрируют, что ансамблевые модели глубокого обучения, оптимизированные с помощью аугментации данных, могут обеспечить точную и воспроизводимую диагностическую поддержку в цитологии плеврального выпота, предлагая практический потенциал для внедрения в медицинских учреждениях с ограниченными ресурсами и способствуя повышению доступности диагностики рака.

Перевод выполнен: 11.06.2026 | ai4med.ru

Машинный перевод. Рекомендуем сверять с оригиналом при клиническом использовании.