

NEUROCOG-DysNet: многоуровневый когнитивный фреймворк извлечения признаков с ансамблевым стеккингом для улучшенного скрининга дислексии

Источник: Frontiers in AI — Medicine

Оригинал: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frai.2026.1909141>

ансамблевые методы

диагностика

дислексия

машинное обучение

скрининг

Введение

Дислексия затрагивает около 10% мирового населения, однако ранний скрининг в значительной степени зависит от ресурсоёмких клинических оценок, которые трудно масштабировать. Геймифицированные когнитивные платформы предлагают практическую альтернативу, но большинство существующих подходов на основе машинного обучения опираются на сырые метрики выполнения заданий, не используя иерархическую когнитивную структуру многозадачных оценочных батарей.

Методы

NEUROCOG-DysNet — это многоуровневая структура когнитивного извлечения признаков и ансамблевого стекинга для скрининга дислексии с использованием геймифицированных данных оценки с платформы Dyteactive ($N = 3\,644$; 392 с дислексией, 3 252 без дислексии). Структура извлекает 258 иерархических признаков на пяти когнитивных уровнях — задание, фаза, временной, глобальный и кросс-доменный — из сырых игровых взаимодействий, дополненных четырьмя демографическими переменными.

Отбор признаков на основе LightGBM сохраняет 50 наиболее дискриминативных признаков. Семь базовых классификаторов, настроенных на высокую чувствительность, сбалансированную производительность или высокий AUC, комбинируются с помощью пяти стратегий ансамблирования и оцениваются в рамках протокола вложенной кросс-валидации, защищённого от утечки данных.

Результаты

Мета-обучающийся стекинг достигает наивысшего композитного показателя и AUC-ROC 0,8924 (95% ДИ: 0,8543–0,9253), чувствительности 0,8077, специфичности 0,8187 и сбалансированной точности 0,8132. Тест ДеЛонга ($p = 0,6946$) и тест МакНемара ($p = 0,1443$) указывают на то, что прирост AUC по сравнению с наиболее сильным индивидуальным базовым классификатором (XGB_HighAUC) не является статистически значимым. Вложенная кросс-валидация подтверждает небольшой разрыв оптимизма (+0,011 AUC). Анализ клинической полезности даёт 5,25-кратный подъём в дециле наивысшего риска и отрицательное прогностическое значение 0,9726. Абляционный анализ показывает, что демографические переменные вносят больший вклад в дискриминацию, чем любой инженерный когнитивный уровень; вариант без демографических данных достигает AUC 0,7948.

Обсуждение

NEUROCOG-DysNet обеспечивает настраиваемый баланс чувствительности и специфичности, а также хорошо откалиброванные показатели риска, пригодные для использования в качестве инструмента скрининга первого этапа. Преимущество ансамбля над альтернативами с фиксированными весами на данном наборе данных является незначительным, а кросс-доменный уровень признаков фактически инертен. Внешняя валидация на независимых языковых когортах и проспективная многоцентровая оценка требуются до клинического внедрения.

Перевод выполнен: 05.09.2026 | ai4med.ru

Машинный перевод. Рекомендуем сверять с оригиналом при клиническом использовании.