

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ДИАГНОСТИКЕ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЗРИТЕЛЬНОГО НЕРВА

¹Качан Т.В., ¹Марченко Л.Н., ¹Далидович А.А.,

²Муштина Т.А., ²Акимова Л.В.

¹Учреждение образования «Белорусский государственный
медицинский университет», г. Минск, Республика Беларусь

²Учреждение здравоохранения «3-я городская клиническая больница
имени Е.В. Клумова», г. Минск, Республика Беларусь

Актуальность. Термин «искусственный интеллект» (ИИ) был предложен американским ученым Джоном Маккарти в 1956 г. на Дартмутской конференции для экспертов в данной области. Им была сформулирована задача: «заставить машину вести себя так, как вел бы себя человек». После чего последовала череда как «прорывов», так и неудач, которые главным образом были связаны с ограниченными на то время вычислительными мощностями и оборудованием. С развитием вычислительных технологий методы ИИ стали существенно облегчать анализ медицинских данных и разработку автоматизированных алгоритмов классификации и прогнозирования заболеваний, изменив системы поддержки принятия клинических решений в различных областях медицины, в том числе в офтальмологии.

Методологии машинного обучения (МО) — это подмножество методов ИИ, которые представляют собой статистические модели для классификации данных и прогнозирования в различных прикладных областях. Особенно успешно они используются при работе с неоднородными клиническими

данными, а также в случае сильной нелинейной зависимости результата (диагноза) от входных данных (исследуемых параметров). Наиболее результативными являются модели МО с учителем, когда модель МО обучается с набором входных данных, которые связаны с известными выходными данными. Примерами алгоритмов МО являются нейросетевой анализ (НСА), деревья решений, случайные леса (СЛ) и др. Традиционно НСА считается наиболее мощным и гибким и эффективным способом имитации медицинских процессов.

Анализ мировой и отечественной литературы свидетельствует об огромных достижениях и потенциале применения ИИ в офтальмологии. Наибольшее количество работ посвящено использованию методов МО при таких заболеваниях сетчатки, как возрастная макулярная дегенерация, глаукома, диабетическая ретинопатия, окклюзионные поражения сетчатки и др. Самым перспективным направлением в офтальмологии представляется создание классификационных моделей на основе специальной архитектуры искусственных нейронных сетей — сверточных нейронных сетей, входящих в состав технологий глубокого обучения, и нацеленных на анализ результатов визуализации ретинальных структур. Напротив, создание классификационных моделей при поражениях зрительного нерва, относящихся к области нейроофтальмологии, то есть требующих участия смежных специалистов: и неврологов, и офтальмологов, как например, при рассеянном склерозе (РС), пока еще не получили столь широкой популяризации и представлены достаточно небольшим количеством научных публикаций.

Цель. Повысить эффективность выявления поражения диска зрительного нерва у пациентов с первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ), РС и передней ишемической оптиконеуропатией (ПИОН) на основе методов МО.

Материал и методы. Проанализированы результаты исследования 174 глаз 88 пациентов с ПОУГ, контрольную группу которым составили 82 глаза 41 здорового человека, 408 глаз 204 пациентов с рецидивно-ремиттирующей формой РС, контрольную группу которым составили 126 глаз 63 здоровых лиц и 45 глаз 43 пациентов с ПИОН с контрольной группой из 74 глаз 37 здоровых лиц. Все глаза пациентов контрольных групп соответствовали основным по возрасту, полу и фактором включения/исключения. Оценивались структурные показатели оптической когерентной томографии (ОКТ), сканирующей лазерной поляриметрии (СЛП), функциональные показатели: автоматической статической компьютерной периметрии и визометрии. Для анализа корректности работы каждой из полученных классификационных моделей использовались показатели чувствительности и специфичности, а также F1-мера — гармоническое среднее чувствительности R и точности P.

Результаты. Для диагностики дегенеративной оптиконеуропатии у пациентов с ПОУГ и РС разработана нейронная сеть прямого распространения

с 4 скрытыми слоями размерности 30, 30, 10 и 10 нейронов соответственно. В качестве метода обучения использовался адаптивный градиентный спуск с моментами, при этом исходный набор данных (174 положительных экземпляров и 82 отрицательных, соответствующих основной группе глаз пациентов с ПОУГ и контрольной группе, а также 408 положительных экземпляров и 126 отрицательных, соответствующих основной группе глаз пациентов с РС и соответствующей ей контрольной группе) разбивался на обучающую и кросс-валидационную выборку случайным образом с соотношением 7:3 соответственно; обучение проводилось отдельно для 15 различных случайных разбиений. Чувствительность разработанного нейросетевого классификатора составила 89,5% (специфичность 85,7%, F1-мера 87,6%, AUC — 0,82) в диагностике глаукомной оптиконеуропатии и 84,0% (специфичность: 59,5%, F1-мера: 75%, AUC — 0,81) в диагностике дегенеративной оптиконеуропатии у пациентов с РС. Для диагностики ПИОН разработаны 2 классификационные модели: 1) на основе нейронной сети прямого распространения; 2) и на основе СЛ. Нейросетевая модель представлена полносвязной нейросетью прямого распространения с 2 скрытыми слоями по 40 нейронов каждый. Для исходного набора данных использовались группы с ПИОН (45 глаз) и контрольная группа (74 глаза), которые явились основой для обучающей выборки. Обучение производилось относительно обучающей выборки, сформированной случайным разбиением в соотношении 1:3 с пропорциональным разделением по целевой переменной. Модель на основе СЛ представлена ансамблем из 100 деревьев принятия решений, построенных методом бэггинга. Каждое из деревьев обрабатывало 5 случайно выбранных входных признаков из 26. Для каждой модели использовалась 1000 случайных переразбиений исходной выборки. Модель на основе НСА имела чувствительность 99,0% (F1-мера 0,97), на основе СЛ — соответственно 100,0% (0,99). Полученные данные свидетельствуют о том, что используя функциональные и структурные показатели наличия ПИОН — периметрические индексы, показатели остроты зрения, результаты СЛП и ОКТ, нейросетевой классификатор «ошибается» в постановке диагноза ПИОН только в 1 случае из 100, а классификатор на основе СЛ — ни разу. Таким образом, классификационные модели, созданные на основе, как НСА, так и СЛ, оказались практически идеальными классификаторами, дифференцирующими глаза с ПИОН от здоровых глаз. Научный интерес представляло изучение парных глаз (№43) пациентов с ПИОН, которые не имели каких-либо клинических отличий от здоровых глаз. Дополнительно была предпринята попытка обучить модели с учетом отнесения парных глаз к контрольной группе. При классифицировании парных глаз пациентов с ПИОН как здоровых, чувствительность нейросетевой модели снижалась с 99% до 75%, а модели на основе СЛ — со 100% до 86%.

Выводы:

1. Использование искусственных нейронных сетей в анализе структурных и функциональных показателей поражения ганглионарных клеток сетчатки у пациентов с ПОУГ и РС позволяет существенно повысить у них чувствительность диагностики дегенеративных оптиконеуропатий;

2. Несмотря на то, что нейросетевой анализ является наиболее мощным и гибким методом формализации медицинских процессов, в ряде случаев деревья решений и случайные леса могут оказаться полезнее, как более вербализуемые и интерпретируемые аналитические модели;

3. При помощи методов МО определено, что парные глаза пациентов с ПИОН имеют существенные отличия от здоровых даже при отсутствии в них каких-либо «видимых» клинических изменений.