

УДК 004

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ КЛАССИФИКАТОРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РИСКА НАЛИЧИЯ РАССТРОЙСТВ АУТИСТИЧЕСКОГО СПЕКТРА

Казанцев И.А., студент гр. ИИМ-231, II курс

Трофимова В.С., студентка гр. ИИМ-231, II курс

Научный руководитель: Протодияконов А.В., доцент (к.н.) кафедры ИиАПС
Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева, г. Кемерово

Проявление расстройств аутистического спектра (РАС), характеризуется нарушениями социального взаимодействия и коммуникации различной степени выраженности. Первые признаки проявляются в раннем детстве и сохраняются в течение всей жизни. Впервые описанный Лео Каннером в 1943 году, аутизм встречается у мальчиков в 3-4 раза чаще, чем у девочек, и может быть охарактеризован как нарушение контакта, отрыв от реальности, проявляющиеся в замкнутости, парадоксальности восприятия, ранимости или, напротив, в сверхпристрастиях. Часто наблюдаются нарушения адаптации, дефицит самосохранения, патологии пищевого поведения и трудности в освоении навыков самообслуживания.

В настоящее время данному заболеванию детей уделяется больше внимания, так как проблема становится более актуальна в связи с неуклонным ростом заболеваемости. По данным всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) и российского мониторинга РАС, число пациентов в РФ выросло на 17% по сравнению с 2021 годом (прирост 6771 человек), что составляет восемь детей с аутизмом на 10 тысяч детского населения. Подобная динамика подчеркивает необходимость разработки эффективных методов скрининга и диагностики, позволяющих выявлять РАС на ранних стадиях. Определение предпосылок развития аутизма может быть произведено на основании различных методов.

Настоящее исследование посвящено комплексному анализу существующих методов скрининга, проектированию ряда классификаторов, основанных на машинном обучении, и анализу их использования для более точного определения риска наличия РАС.

В качестве первичного скринингового инструмента был использован модифицированный скрининговый тест на аутизм для детей (М-СНАТ-R), состоящий из 20 вопросов, охватывающий социальное взаимодействие, коммуникацию и особенности поведения детей в возрасте от 12 месяцев до 4 лет. Вопросы были ориентированы на ответы родителей, отражающие их наблюдения за ребенком. М-СНАТ-R представляет собой способ выявления детей, нуждающихся в углубленном обследовании. По итогам тестирования, ответы

суммируются для получения общего балла, указывающего на вероятность риска РАС.

Система оценки М-СНАТ-R классифицирует риск РАС на основе общей суммы баллов: низкий (0-2), средний (3-7) и высокий (8-20). Низкий риск требует повторного тестирования после 2 лет (если ребенок младше) и дальнейшего наблюдения. Средний риск предполагает дополнительное пошаговое интервью (М-СНАТ-R/F), по итогам которого будет сделан окончательный вывод о степени риска наличия РАС, а высокий риск требует немедленной консультации со специалистом. Однако М-СНАТ-R, как и любой другой инструмент скрининга, имеет свои ограничения, в частности субъективность оценок родителей. Для повышения точности диагностики необходимо использовать дополнительные объективные методы. Одним из таких методов является магнитно-резонансная томография (МРТ).

МРТ головного мозга, как неинвазивный метод нейровизуализации, позволяет получить детальные изображения структуры мозга с помощью магнитного поля и радиоволн без ионизирующего излучения. При проведении МРТ исследований у больных РАС выявлены структурные отклонения, в том числе изменения размера мозга, нарушения соотношения серого и белого вещества, патологии мозолистого тела, увеличение размеров боковых желудочков и кисты в белом веществе. Использование МРТ позволило получить объективные данные о структурных особенностях мозга, которые с большой вероятностью связаны с РАС.

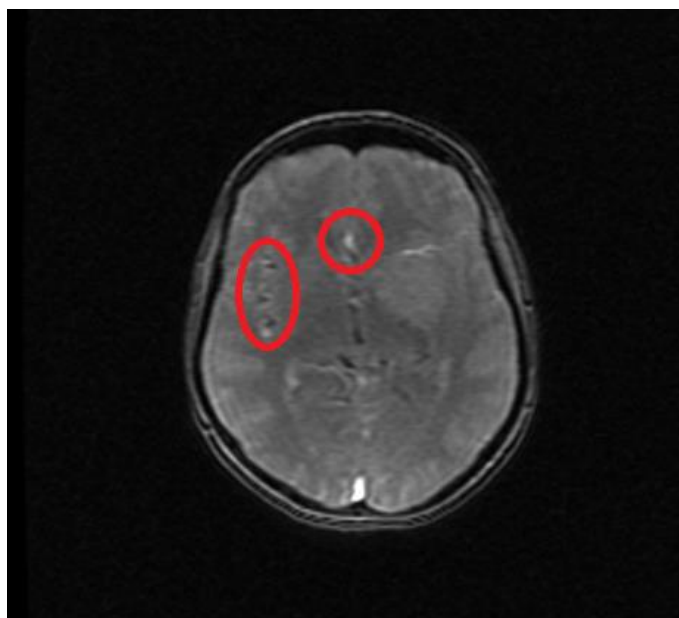


Рисунок 1- Снимок МРТ головного мозга с кистами

С целью определения уровня риска РАС (низкий, средний, высокий) на основе М-СНАТ-R разрабатывается классификатор, обученный на ретроспективных данных (ответах родителей). Для разработки используется выборка из 1000 детей в возрасте от 12 месяцев до 4 лет (507 мальчиков и 493 девочки).

В качестве предполагаемой технологии реализации классификатора был выбран многослойный персептрон (MLP) из-за его оптимальности для обработки табличных данных М-СНАТ-R, где каждый из 20 вопросов, а также пол и возраст представляют собой независимые признаки. Альтернативные подходы (свёрточные или рекуррентные сети) менее применимы из-за отсутствия пространственной или временной структуры данных. Классификатор состоит из входного слоя (22 нейрона), двух скрытых полносвязных слоёв, отвечающих за возраст и пол, и выходного слоя — результатов теста (3 нейрона с функцией softmax для каждого из итоговых классов). Структура сети определена эмпирически с помощью кросс-валидации. В процессе обучения планируется использовать функции категориальной кросс-энтропии, алгоритм Adam, мини-батчи (32), регуляризация L2 (0,001) и метод ранней остановки (10 эпох).

Параллельно с разработкой классификатора на основе М-СНАТ-R ведется работа по анализу снимков МРТ. При анализе снимков МРТ важным является определение наличия или отсутствия патологических изменений. Эту задачу можно представить как задачу классификации изображений по 2 классам: результат без отклонений и результат с отклонениями. Более подробная классификация нецелесообразна, так как любые отклонения, различимые на снимках МРТ, могут быть предпосылками к имеющимся заболеваниям или к риску их развития.

Для решения этой задачи было принято решение использовать свёрточные нейронные сети, так как они специально разработаны для обработки изображений и видео. Они содержат свёрточные слои, которые могут автоматически извлекать важные признаки из визуальных данных.

В структуру свёрточной нейронной сети входит несколько слоёв. От их количества зависит мощность и эффективность обучения нейронной сети. Схема основных составляющих свёрточной нейронной сети выглядит следующим образом:

- Свёрточный слой — в процессе свёртки нейронная сеть удаляет ненужное и оставляет необходимое для анализа изображения, например линии, края и ровные области. Свёрточный слой можно создать для любого признака: форм, текстур и цветов, нейронная сеть сама будет подбирать их на каждом слое;
- Пулинг — на этом слое из признаков, отобранных слоем свёртки, отбираются наиболее важные. В дальнейшем слой свёртки можно повторно применить к результатам, полученным в процессе пулинга. Это необходимо для построения иерархии признаков, начиная с самых примитивных и заканчивая сложными признаками;
- Полносвязные слои — это обычные слои нейронов, в которых каждый нейрон связан с нейронами предыдущего и следующего слоя. Эти слои используются для объединения признаков и принятия окончательных решений.

Этот вид нейронных сетей оптимально подходит для решения поставленной задачи, так как чаще всего патологические изменения на снимках МРТ представляют собой области, отличающиеся по цвету или имеющие чётко выделенные контуры. За счёт свёртки исходного изображения этот вид нейронных сетей улавливает даже минимальные отклонения в результате последовательного анализа всего изображения в процессе свёртки.

Проектируемая система будет оценивать совокупные данные, полученные при анализе результатов теста М-СНАТ-R и снимков МРТ. Это позволит увеличить точность результатов за счёт многофакторной оценки, и избежать ошибок, которые могли быть вызваны оценкой только одного из факторов. Таким образом систему можно представить состоящей из 3 основных взаимосвязанных модулей: модуль анализа результата теста М-СНАТ-R, модуль анализа снимков МРТ и модуль совокупного анализа, который на основании результатов двух других модулей будет выдавать совокупную вероятность наличия риска развития РАС.

Реализация системы планируется на языке программирования Python. Выбор данного языка обусловлен тем, что он отлично подходит для разработки нейронных сетей за счёт наличия множества современных и эффективных библиотек для создания нейронных сетей и машинного обучения, таких как: TensorFlow, Scikit-Learn и Keras.

Таким образом, автоматизация анализа сложных данных и выявление нелинейных зависимостей с помощью машинного обучения, а также получение объективной информации о структурных и функциональных характеристиках мозга с помощью МРТ могут позволить создать более точный, надёжный и объективный инструмент скрининга РАС для оказания диагностической помощи врачам в области детской психиатрии и неврологии.

Список литературы:

1. Статья на сайте Википедия: расстройства аутистического спектра [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Расстройство_аутистического_спектра, свободный. (Дата обращения 25.02.2025)
2. Статья на сайте Autism Speaks: Что такое аутизм? (What Is Autism?) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.autismspeaks.org/what-autism>, свободный. (Дата обращения: 20.03.2025)
3. Руководство по применению библиотеки Keras для языка Python [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://keras.io/guides/>, свободный. (Дата обращения 19.03.2025)
4. Статья на сайте Википедия: свёрточные нейронные сети [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Свёрточная_нейронная_сеть, свободный. (Дата обращения 19.03.2025)
5. Статья на сайте Towards Data Science: Понимание и построение вашей первой многослойной перцептронной сети (MLP) с нуля (Understanding and Building your First Multi-Layer Perceptron (MLP) from Scratch) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://towardsdatascience.com/understanding-and-building-your-first-multi-layer-perceptron-mlp-from-scratch-661f4f2d2d1>, свободный. (Дата обращения: 20.03.2025)