

СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

Д. В. Панькин, В. В. Дубровин

*Тамбовский государственный технический университет,
Российская Федерация*

Рассмотрены современные подходы к диагностике состояния сердечно-сосудистой системы с применением алгоритмов машинного обучения, ключевые особенности и виды используемых данных. Проведено сравнительное исследование эффективности градиентного бустинга (GBM) и полносвязных нейронных сетей (MLP) при диагностике состояния сердечно-сосудистой системы по данным электрокардиографии (ЭКГ) для решения задачи бинарной классификации. В качестве исходных данных использовались признаки, извлеченные из сигналов ЭКГ, включающие интервалы основных зубцов и вейвлет-признаки. Модели оценивались по разным метрикам, в статье будут приведены ROC-AUC и F1-score как самые информативные.

Ключевые слова: биомедицинские системы, машинное обучение, сердечно-сосудистая система, диагностика, медицинские данные, биомедицина.

COMPARISON OF MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR CARDIOVASCULAR SYSTEM DIAGNOSTICS

D. V. Pankin, V. V. Dubrovin

Tambov State Technical University, Russian Federation

This paper discusses contemporary approaches to the diagnosis of cardiovascular conditions using machine learning algorithms. It outlines the key characteristics and types of data applied, and presents a comparative analysis of the effectiveness of Gradient Boosting Machines (GBM) and Multilayer Perceptron (MLP) in the diagnosis of cardiovascular disorders based on electrocardiography (ECG) data within the framework of a binary classification task. The input data consisted of features extracted from ECG signals, including intervals of major waveform components and wavelet-based features. Model performance was assessed using several metrics, with ROC-AUC and F1-score reported in this study.

Keywords: biomedical systems, machine learning, cardiovascular system, diagnostics, medical data, biomedicine.

Биомедицинские системы активно интегрируют алгоритмы машинного обучения для анализа физиологических сигналов. Одной из важнейших задач является классификация сигналов ЭКГ и болезней сердца, которые представляют серьезную угрозу здоровью и жизни пациентов. Классические методы машинного обучения, такие как градиентный бустинг, зарекомендовали себя как устойчивые и интерпретируемые подходы. В то же время глубокое обучение, в частности полно связанные нейронные сети (MLP), открывает новые возможности анализа сложных закономерностей в медицинских данных [1].

Будущее диагностики состояния сердечно-сосудистой системы с помощью машинного обучения связано с прогнозированием индивидуального риска развития сердечных заболеваний в долгосрочной перспективе, что позволит перейти от лечения к упреждающей профилактике. Постоянный мониторинг с помощью smart-часов откроет возможности для раннего обнаружения отклонений в реальном времени, подбор оптимальной терапии на основе предикторов ее эффективности для конкретного пациента. Для анализа структурированных данных эффективны классические

модели, такие как градиентный бустинг и его виды, поэтому для сравнения с нейронной сетью взята именно эта классическая модель [2]. Для анализа использовались записи ЭКГ, предварительно обработанные и преобразованные в набор признаков: временные интервалы между зубцами P, QRS, T, амплитудные характеристики пиков, частотные и спектральные показатели.

На основе полученных данных решалась задача классификации отсутствия аритмии или наличия аритмии у пациента. Для ее решения обучались модели градиентный бустинг и полно связанная нейронная сеть. Качество работы оценивалось по метрикам Accuracy, Precision, Recall, F1-score, ROC-AUC, PR-AUC. Результаты сравнения двух метрик представлены на рис. 1 (GBM: ROC-AUC = 0,90, F1-score = 0,86, MLP: ROC-AUC = 0,94, F1-score = 0,91).

Таким образом, в данном случае нейронные сети показали преимущество примерно в 4 % по ROC-AUC и 5 % по F1-score, что особенно важно для задач медицинской диагностики, где критически важно минимизировать ошибки. Градиентный бустинг быстрее обучается, требует меньше ресурсов и обладает высокой интерпретируемостью. Полно связанная нейронная сеть более эффективно извлекает скрытые закономерности и лучше справляется с большим количеством признаков, обеспечивая прирост качества при решении задачи. Все же выбор метода зависит от доступных данных и ресурсов, нельзя однозначно заявить, что классические методы мало эффективны и проигрывают нейронным сетям при решении задач бинарной классификации в диагностике состояния сердечно-сосудистой системы.

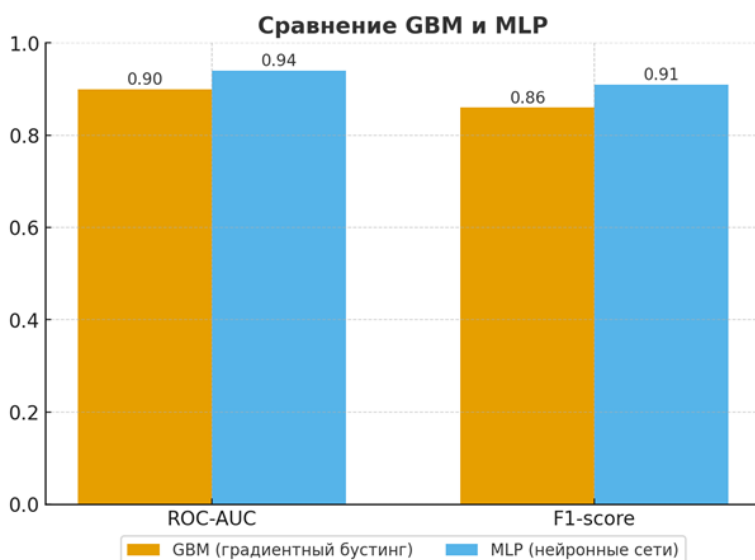


Рис. 1. Сравнение получившихся метрик для модели GBM и MLP

Использование алгоритмов машинного обучения при диагностике состояния сердечно-сосудистой системы обладает рядом ключевых особенностей, работа с разнородными данными, необходимость выбора специализированных моделей под конкретную задачу и острая потребность в интерпретируемости результатов. В конкретной задаче полно связанная нейронная сеть обеспечивает более высокую точность чем классический алгоритм. Это демонстрирует потенциал глубокого обучения для работы с биомедицинскими сигналами, но при этом возникает проблема интерпретируемости результатов.

Литература

1. Жарков, В. А. Применение методов машинного обучения для анализа сигналов ЭКГ / В. А. Жарков, С. В. Костромин, Д. О. Кожевников // Информационные технологии и вычислительные системы. – 2021. – № 4. – С. 45–54.
2. Automatic diagnosis of the 12-lead ECG using a deep neural network / A. H. Ribeiro, M. H. Ribeiro, G. M. M. Paixão [et al.] // Nature Communications. – 2020. – № 11 (1). – P. 1760.

**МОДИФИЦИРОВАННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ
СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ
ПРИБОРА СЕРДЕЧНО-ЛЕГОЧНОЙ РЕАНИМАЦИИ**

Я. И. Шнякина, А. А. Коробов

*Тамбовский государственный технический университет,
Российская Федерация*

Представлена нульмерная математическая модель сердечно-сосудистой системы, модифицированная для учета воздействия автоматического прибора сердечно-легочной реанимации. Модель позволяет исследовать гемодинамические эффекты механической компрессии грудной клетки, включая вклад сердечного и грудного насосов, в условиях отсутствия собственной сердечной деятельности.

Ключевые слова: сердечно-сосудистая система, сердечно-легочная реанимация, нульмерная модель.

**A MODIFIED MATHEMATICAL MODEL
OF THE CARDIOVASCULAR SYSTEM FOR ASSESSING
THE IMPACT OF A CARDIOPULMONARY RESUSCITATION
DEVICE**

Ya. I. Shnyakina, A. A. Korobov

Tambov State Technical University, Russian Federation

Intelligent methods for controlling technical systems rely on artificial intelligence, cloud technologies and digital twins. These approaches enable data analysis, event prediction, optimal decision-making, and improved efficiency, reliability and safety of processes while fostering the integration of innovative solutions across various sectors.

Keywords: cardiovascular system, cardiopulmonary resuscitation, zero-dimensional mode.

Согласно мировым медицинским данным, внезапная сердечная смерть занимает лидирующую позицию среди всех причин ухода из жизни. Остановка кровообращения – это критическое состояние, при котором отсутствует эффективное кровообращение [1].

Ключевую роль в спасении жизни играет своевременное и качественное проведение сердечно-легочной реанимации (СЛР). Сердечно-легочная реанимация – это система мероприятий, направленных на восстановление эффективного кровообращения, дыхания и сердечной деятельности при клинической смерти с помощью специальных реанимационных мероприятий [1].

На сегодняшний день для повышения эффективности реанимационных мероприятий делаются попытки внедрения автоматических аппаратов для СЛР. Однако их влияние на сердце и сосуды не в полной мере изучено. Во многом это связано с отсутствием адекватных и проработанных математических моделей, учитывающих взаимодействие участков сердечно-сосудистой системы при проведении СЛР.