

## 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.

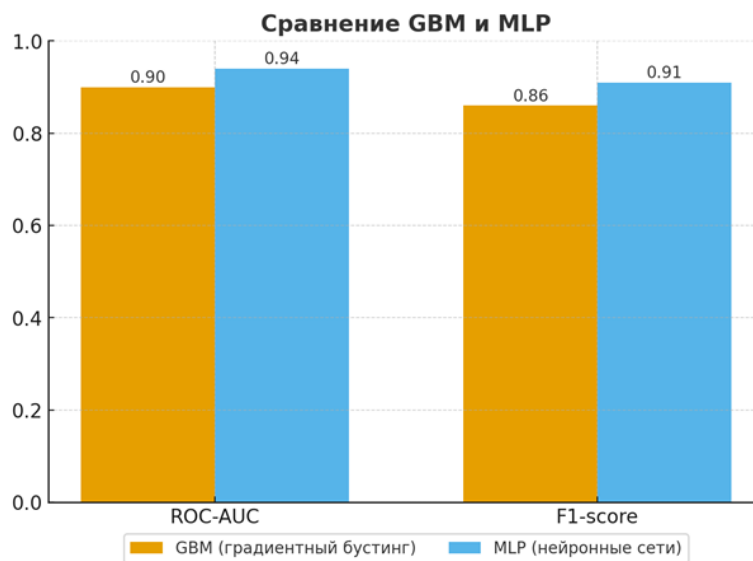


Рис. 1. Сравнение полученных метрик для модели GBM и MLP

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.