

Обнаружение аномалий в электрокардиограммах методами глубокого обучения без учителя

Е. Ю. Щетинин^{1*}

¹Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Москва, Россия

*riviera-molto@mail.ru

Аннотация. Обнаружение аномалий является важной задачей в различных областях производства и технологий, таких как структурные изменения, вредоносные вторжения в системы управления и контроля, финансовый надзор и управление рисками, цифровой скрининг состояния здоровья и др. Все более возрастающие потоки разнообразных данных и их структурная сложность требуют разработки передовых подходов к их решению. В настоящее время методы глубокого обучения достигли значительных успехов в обнаружении аномалий. Популярными стали методы глубокого обучения на основе различных моделей автоэнкодеров. В работе исследованы методы обнаружения аномалий методами глубокого обучения без учителя на примере набора электрокардиограмм (ЭКГ), содержащих нормальные ЭКГ-сигналы и ЭКГ-сигналы людей с различными сердечно-сосудистыми заболеваниями (аномалиями). Для обнаружения аномальных электрокардиограмм разработана модель автоэнкодера в виде глубокой нейронной сети с несколькими полностью связными слоями. Также для решения поставленной задачи предложен метод подбора порога отделения аномальных ЭКГ-сигналов от нормальных, состоящий в оптимизации соотношения показателей производительности модели автоэнкодера. В работе проведен сравнительный анализ эффективности применения к решению задачи обнаружения аномальных ЭКГ-сигналов различных моделей машинного обучения, таких как одноклассовый метод опорных векторов, изолирующий лес, случайный лес и представленная модель автоэнкодера. Для этого были использованы метрики точности: точность (accuracy), чувствительность (recall), полнота (precision) и f1-score. Результаты анализа показали, что модель автоэнкодера превзошла остальные модели с показателями точности accuracy = 98,8%, precision = 95,75%, recall = 99,12%, f1-score = 98,75%.

Ключевые слова: аномалии, электрокардиограмма, глубокое обучение без учителя, автокодировщики

Для цитирования: Щетинин Е. Ю. Обнаружение аномалий в электрокардиограммах методами глубокого обучения без учителя // Прикладная информатика. 2022. Т. 17. № 6. С. 81–93. DOI: 10.37791/2687-0649-2022-17-6-81-93

On anomalies detection in electrocardiograms with unsupervised deep learning methods

E. Shchetinin^{1*}

¹Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia

*riviera-molto@mail.ru

Abstract. Anomaly detection is an important task in various applications and areas of technology and production, such as structural defects, malicious intrusions into management and control systems, financial supervision and risk management, digital health screening, etc. The ever-increasing flows of diverse data and their structural complexity require the development of advanced approaches to their solution. In recent years, deep learning methods have achieved significant success in detecting anomalies, and unsupervised deep learning methods have become especially popular. Methods of anomaly detection by methods of deep learning without a teacher are investigated in the work on the example of a set of electrocardiograms containing normal ECG signals and ECG signals of people with various cardiovascular diseases (anomalies). To detect abnormal electrocardiograms, an autoencoder model has been developed in the form of a deep neural network with several fully connected layers. Also, to solve this problem, a method is proposed for selecting the threshold for separating abnormal ECG signals from normal ones, consisting in optimizing the ratio of performance indicators of the autoencoder model by methods. The paper presents a comparative analysis of the effectiveness of applying various machine learning models, such as the one class Support Vector Method, Isolation Forest, Random Forest and the presented autoencoder model to solving the problem of detecting abnormal ECG signals. For this purpose, metrics such as accuracy, recall, completeness, and f-score were used. His results showed that the proposed model surpassed the other models in solving the problem with accuracy = 98.8% precision = 95.75%, recall = 99.12%, f1-score = 98.75%.

Keywords: anomalies, electrocardiogram, unsupervised deep learning, deep neural networks, autoencoders

For citation: Shchetinin E. On anomalies detection in electrocardiograms with unsupervised deep learning methods. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2022, vol.17, no.6, pp.81-93 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2022-17-6-81-93

Введение

Обнаружение аномалий является важной областью применения искусственного интеллекта в различных областях анализа больших данных, таких как безопасность компьютерных систем, обнаружение мошенничества в банковских переводах, надежность систем компьютерного зрения и другие [1]. Выявление аномалий также является ключевой задачей анализа биомедицинской информации, поскольку нарушение устойчивости систем распознавания опасных заболеваний на основе анализа биомедицинских сигналов и МРТ, например

КТ-изображений, может привести к ошибочному скринингу пациентов.

Одной из основных проблем в задачах машинного обучения и анализа данных является их корректная разметка. В задаче обнаружения аномалий ее выполнение практически невозможно в силу как непредсказуемости их возникновения, так и разнообразных форм существования. Кроме того, поскольку количество аномалий слишком мало, а методы балансирования классов по-прежнему требуют усовершенствования, применение методов машинного обучения с учителем является проблематичным [2]. Поэтому одним из актуальных подходов к решению поставленной задачи