

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD627084>

Разработка метода обработки сигнала электрокардиографии для эффективной оценки сердечного ритма пациента с использованием свёрточной нейронной сети

Д.В. Гордиенко, А.О. Кравченко

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Оценка ритма сердца пациента является первым этапом при аннотировании электрокардиограммы. В представленной работе был разработан метод, предназначенный для обработки сигнала электрокардиографии и оценки сердечного ритма. Метод основан на применении обученной свёрточной нейронной сети, что позволит в кратчайшие сроки после получения электрокардиограммы предоставить врачу предварительную информацию о возможной фибрилляции предсердий или наличии иных нарушений ритма. Кроме того, такие методы могут быть интегрированы в системы телемедицины, позволяя проводить мониторинг сердечного состояния дистанционно.

Цель — разработка метода обработки сигнала электрокардиографии для классификации сердечного ритма пациента по трём классам: синусовый ритм, фибрилляция предсердий и прочие аритмии.

Материалы и методы. Для тренировки и тестирования модели были выбраны электрокардиограммы пациентов, находящиеся в открытом доступе [1]. Программное обеспечение написано на языке программирования Python с использованием фреймворка TensorFlow. Тренировочная, валидационная и тестовая выборки формировались с соотношением 10:1:1, распределение по классам равномерное. Наборы данных для каждой записи подготавливались в трёх вариантах: совмещение графиков всех 12 отведений электрокардиограммы на одном изображении, получение спектрограмм II и V1 отведений с использованием вейвлета Гаусса, представление записи в виде векторной кардиограммы. За основу архитектуры свёрточной нейронной сети была взята архитектура ResNet18, которая была в дальнейшем модифицирована, и для каждого из представлений входных данных были произведены серии модификаций.

Результаты. Была получена сериализованная модель со следующими показателями точности: ассигасу=43% для совмещения 12 электрокардиографических отведений на изображении; ассигасу=43% для векторного представления электрокардиограммы; ассигасу=69% для вейвлет-преобразования электрокардиограммы. В случае двухклассовой задачи, включающей в себя синусовый ритм и фибрилляцию предсердий, метрика ассигасу для вейвлет-преобразования достигает 93% с метриками recall=93%, precision=94% и f1-score=93%.

Заключение. Полученные результаты демонстрируют возможности применения свёрточных нейронных сетей для оценки сердечного ритма пациентов. Дальнейшее развитие проекта предполагает подбор наилучшего алгоритма машинного обучения, апробация этого алгоритма для двухклассовой задачи и расширение решения для других классов нарушений ритма. Кроме того, возможно улучшение результатов классификации для трёхклассовой задачи при использовании лучшей модели и введении дополнительной кластеризации.

Ключевые слова: свёрточная нейронная сеть; сердечный ритм; фибрилляция предсердий; электрокардиография; векторная электрокардиография; вейвлет-преобразование.

Как цитировать:

Гордиенко Д.В., Кравченко А.О. Разработка метода обработки сигнала электрокардиографии для эффективной оценки сердечного ритма пациента с использованием свёрточной нейронной сети // Digital Diagnostics. Т. 5, № S1. С. 109–111. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD627084>

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. PTB-XL — Atrial Fibrillation Detection [Internet]. Kaggle [дата обращения: 16.12.2023]. Доступ по ссылке: <https://www.kaggle.com/datasets/arjunascagnetto/ptbxl-atrial-fibrillation-detection>

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD627084>

Electrocardiography signal processing method for effective assessment of a patient's heart rate using a convolutional neural network

Daniel V. Gordienko, Artem O. Kravchenko

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: The initial step in annotating an electrocardiogram is the evaluation of the patient's heart rhythm. In the presented study, a method has been developed to process the electrocardiographic signal and estimate the heart rhythm. The method is based on the application of a trained convolutional neural network, which will provide the physician with preliminary information about possible atrial fibrillation or the presence of other rhythm disturbances as soon as possible after receiving the electrocardiogram. Furthermore, such methodologies can be incorporated into telemedicine systems, thereby facilitating remote monitoring of cardiac status.

AIM: The aim of the study was to develop an electrocardiography signal processing method for the classification of a patient's heart rhythm into three classes: sinus rhythm, atrial fibrillation, and other arrhythmias.

MATERIALS AND METHODS: The publicly available electrocardiograms of patients were selected for model training and testing. The software was written in the Python programming language using the TensorFlow framework. The training, validation, and test samples were formed with a ratio of 10:1:1, with a uniform distribution by classes. Three variants of data sets for each record were prepared: combining plots of all 12 leads of the electrocardiogram on one image, obtaining spectrograms of II and V1 leads using Gaussian wavelet, and representing the record as a vector cardiogram. The architecture of the convolutional neural network was based on the ResNet18 architecture, which was further modified, and a series of modifications were made for each of the input data representations.

RESULTS: A serialized model was obtained with the following accuracy metrics: accuracy=43% for matching 12 electrocardiographic leads in the image; accuracy=43% for vector representation of the electrocardiogram; and accuracy=69% for wavelet transform of the electrocardiogram. In the case of a two-class problem involving sinus rhythm and atrial fibrillation, the accuracy metric for the wavelet transform reaches 93% with metrics recall, precision, and F1-score values of 93%, 94%, and 93%, respectively.

CONCLUSIONS: The results demonstrate the potential of using convolutional neural networks to assess the heart rhythm of patients. Further development of the project involves the selection of the most effective machine learning algorithm, testing of this algorithm for the two-class problem, and expansion of the solution for other classes of rhythm disorders. Additionally, it is possible to improve classification results for the three-class problem by using a superior model and introducing additional clustering.

Keywords: convolutional neural network; heart rate; atrial fibrillation; electrocardiography; vector electrocardiography; continuous wavelet transform.

To cite this article:

Gordienko DV, Kravchenko AO. Electrocardiography signal processing method for effective assessment of a patient's heart rate using a convolutional neural network. *Digital Diagnostics*. 2024;5(S1):109–111. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD627084>

REFERENCES

1. PTB-XL — Atrial Fibrillation Detection [Internet]. Kaggle [cited 2023 Dec 16]. Available from: <https://www.kaggle.com/datasets/arjunascagnetto/ptbxl-atrial-fibrillation-detection>

Received: 16.02.2024

Accepted: 22.03.2024

Published online: 30.06.2024

ОБ АВТОРАХ

*** Гордиенко Даниил Валерьевич;**

ORCID: 0009-0007-9813-3475;

e-mail: mrvanderk@mail.ru

Кравченко Артём Олегович;

ORCID: 0009-0007-0507-4294;

e-mail: ikrav514@gmail.com

AUTHORS' INFO

*** Daniel V. Gordienko;**

ORCID: 0009-0007-9813-3475;

e-mail: mrvanderk@mail.ru

Artem O. Kravchenko;

ORCID: 0009-0007-0507-4294;

e-mail: ikrav514@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author