

Секция «17.3 Искусственный интеллект и анализ данных в космических исследованиях»

Анализ и классификация электрокардиограмм с использованием нейросетевых моделей

Научный руководитель – Шишкин Алексей Геннадиевич

Чернышев Александр Сергеевич

Студент (специалист)

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Факультет
космических исследований, Москва, Россия

E-mail: chernyshevas@my.msu.ru

Введение

Электрокардиография (ЭКГ) является одним из наиболее распространённых методов диагностики сердечно-сосудистых заболеваний. Автоматическая классификация сигналов ЭКГ позволяет повысить точность диагностики аритмий и снизить нагрузку на специалистов. В последние годы для решения данной задачи активно применяются методы глубокого обучения, позволяющие автоматически извлекать информативные признаки из сигналов.

Сигналы ЭКГ представляют собой одномерные временные ряды. Однако многие современные нейросетевые архитектуры демонстрируют высокую эффективность при обработке двумерных данных. В связи с этим перспективным направлением является преобразование временных рядов в двумерные изображения, позволяющее использовать методы компьютерного зрения для анализа сигналов.

Одним из таких подходов является преобразование временных рядов в двумерные представления, такие как Gramian Angular Field (GAF) и Markov Transition Field (MTF), предложенные в работе Wang и Oates [?]. Эти методы позволяют кодировать временные зависимости и корреляции сигнала в виде изображений. Также используется метод recurrence plots (RP), предложенный Eckmann и соавт. [?], который позволяет визуализировать повторяющиеся состояния динамической системы.

Цель работы

Целью работы является исследование возможности применения альтернативных методов предобработки сигналов ЭКГ, основанных на преобразовании одномерных временных рядов в двумерные изображения, и анализ их влияния на качество классификации при использовании нейросетевых моделей.

Материалы и методы

В работе рассматриваются сигналы ЭКГ, представленные в виде одномерных временных рядов. Предварительная обработка включает нормализацию сигналов и выделение отдельных сердечных сокращений.

Далее применяются методы преобразования временного ряда в двумерное изображение:

- Gramian Angular Field (GAF) — кодирование временного ряда в полярной системе координат с формированием матрицы угловых зависимостей [?].
- Markov Transition Field (MTF) — представление временной динамики сигнала в виде матрицы вероятностей переходов между состояниями временного ряда [?].
- Recurrence Plot (RP) — визуализация повторяемости состояний динамической системы, позволяющая выявлять нелинейные закономерности во временном ряду [?].

Полученные изображения используются в качестве входных данных для сверточных нейронных сетей. Такой подход позволяет извлекать пространственные признаки, отражающие морфологию и динамику сигнала ЭКГ.

Результаты

Предварительный анализ показывает, что преобразование временных рядов ЭКГ в двумерные изображения позволяет выявлять структурные особенности сигналов, которые трудно обнаружить при прямой обработке одномерных данных.

Использование представлений GAF, MTF и RP повышает информативность входных данных и позволяет применять архитектуры компьютерного зрения для задачи классификации аритмий. Сравнение различных способов кодирования временных рядов показывает, что различные методы отражают разные аспекты динамики сигнала, поэтому их комбинированное использование может способствовать улучшению качества классификации.

Источники и литература

- 1) Wang Z., Oates T. Imaging Time-Series to Improve Classification and Imputation. Proceedings of the Twenty-Fourth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), 2015. <https://arxiv.org/abs/1506.00327>
- 2) Eckmann J. P., Kamphorst S. O., Ruelle D. Recurrence Plots of Dynamical Systems. Europhysics Letters, 1987, Vol. 4(9), pp. 973–977. <https://iopscience.iop.org/article/10.1209/0295-5075/4/9/004>
- 3) Mathunjwa B. et al. ECG Arrhythmia Classification Using Recurrence Plots and Deep Learning. Sensors, 2022. <https://www.mdpi.com/1424-8220/22/4/1660>
- 4) Hong S., Zhou Y., Shang J., Xiao C., Sun J. Opportunities and Challenges of Deep Learning Methods for Electrocardiogram Data. arXiv:2001.01550. <https://arxiv.org/abs/2001.01550>