

Сверточная нейронная сеть для обнаружения патологических изменений на электрокардиограммах

Ю.Д. Агафонова¹, М.С. Русакова¹

¹Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Московское шоссе 34а, Самара, Россия, 443086

Аннотация

В современном мире заболевания сердечнососудистой системы являются одними из самых опасных заболеваний и частой причиной смерти. При диагностике и лечении заболеваний данной области необходимо оперативно устанавливать наличие заболевания, так как при случае инфаркта или инсульта счет идет на минуты. В работе предложен новый подход к решению задач классификации электрокардиограмм, была сформирована оптимальная структура сверточной нейронной сети. В результате экспериментальной деятельности, было произведено исследование основополагающих характеристик сверточной нейронной сети. Благодаря использованию данной архитектуры сверточной нейронной сети 86% электрокардиограмм из контрольной выборки были классифицированы правильно. Кроме того, результаты могут быть использованы в качестве промежуточного результата для дальнейшего анализа электрокардиограмм.

Ключевые слова

Электрокардиограмма, сверточная нейронная сеть, классификация

1. Введение

В медицине существует проблема постановки достоверного диагноза в кратчайшие сроки в связи с нарастающим объемом медицинских исследований. Особенно остро данная проблема ощущается в случаях диагностики различных заболеваний сердечно-сосудистой системы. Решить данную проблему может помочь представленный метод. Данный метод способен классифицировать значительное число электрокардиограмм на два класса. К первому классу относятся электрокардиограммы, на которых какие-либо аномальные пики отсутствуют. Ко второму классу относятся электрокардиограммы, на которых присутствуют какие-либо аномальные пики. Электрокардиограммы из первого класса не требуют внимания врачей, в отличие от второго класса. Именно это отличие может ускорить процесс диагностики различных заболеваний сердечно-сосудистой системы. Кроме того, снятие электрокардиограмм является обязательным этапом обследования при ежегодной диспансеризации, из-за чего регулярно накапливается большой объем данных, который требует внимания врачей.

2. Алгоритм обнаружения патологических изменений на электрокардиограммах

Так как электрокардиограмма представляет собой сигнал, то ее можно рассматривать как частный случай контура, и, соответственно, задачу анализа кардиограмм (и их классификации) можно решать, используя различные методы компьютерного зрения [1] и нейросетевого анализа [2]. Для нейронной сети каждая кардиограмма была представлена как 12 циклограмм [3], то есть 12 замкнутых контуров по 12 различным датчикам. Пример построенной циклограммы можно увидеть на рисунке 1.

Выборка состояла из кардиограмм 25 пациентов, 14 из них был поставлен диагноз инфаркт, а оставшимся 11 пациентам по заключению врача патологий не имели.

Чтобы показать эффективность приведенного метода, в данном исследовании были использованы следующие оценки качества: точность $J_P = N_{TP} / (N_{TP} + N_{FP})$, полнота $J_R = N_{TP} / (N_{TP} + N_{FN})$, F-мера Ван Ризбергера $F_1 = 2J_P J_R / (J_P + J_R)$, специфичность $J_S = N_{TN} / (N_{TN} + N_{FP})$, достоверность $J_A = (N_{TP} + N_{TN}) / (N_{TP} + N_{TN} + N_{FP} + N_{FN})$, где N_{TP} – число верно определённых циклограмм, относящихся к больным пациентам, N_{TN} – число верно определённых циклограмм, относящихся к здоровым пациентам, N_{FP} – число циклограмм, ошибочно отнесённых к больным пациентам, а N_{FN} – число циклограмм, ошибочно отнесённых к здоровым пациентам.

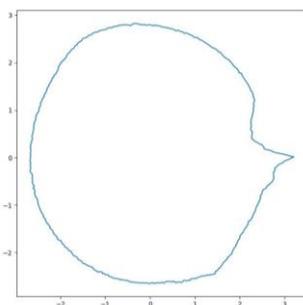


Рисунок 1: Пример построенной циклограммы по произвольному датчику

В таблице 1 показаны метрики работы классификатора – сверточной нейронной сети [4]. F-мера Ван Ризбергера была обозначена основной метрикой для оценки качества алгоритма.

Таблица 1

Результаты исследования работы классификатора

Критерий	Кардиограммы	
	J	Ошибка
J_P	1.00	0.00
J_R	0.67	0.33
F_1	0.80	0.20
J_S	1.00	0.00
J_A	0.86	0.14

3. Заключение

С помощью сверточной нейронной сети удалось достичь высоких результатов классификации электрокардиограмм, а именно значение F-меры Ван Ризбергера составило 80% и 86% кардиограмм были классифицированы правильно.

4. Литература

- [1] Библиотека обработки изображений OpenCV [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://opencv.org> (04.09.2020).
- [2] He, K. Convolutional neural networks at constrained time cost / K. He, J. Sun // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2015. – P. 5353-5360.
- [3] Русакова, М.С. Исследование возможности применения математического формализма спиральных пучков света для анализа кардиограмм / М.С. Русакова, В.Г. Волостников, С.А. Кишкин, С.П. Котова // Квантовая электроника. – 2019. – Т. 49(1). – С. 83-88.
- [4] Agafonova, Y. Convolutional neural network for detection of pathological changes in MR images of the brain / Y. Agafonova, A. Gaidel, P. Zelter, A. Kapishnikov // CEUR Workshop Proceedings. – 2020. – Vol. 2665. – P. 37-40.