

УДК 717.13

СВЕРТОЧНАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ПАТОЛОГИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ НА ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММАХ

© Агафонова Ю.Д., Русакова М.С.

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация*

e-mail: agafonova.julia132@gmail.com

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.

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. Сверточная нейронная сеть состояла из 5 слоев свертки, где ядро свертки изменялось в интервале от 3 до 9, значение фильтрации изменялось от 32 до 384. Кроме слоев свертки в нейронной сети было три слоя макспулинга, три слоя дропаута для предотвращения переобучения и два полносвязных слоя.

Изначально сигнал был представлен в виде текстового файла табличной структуры. Один файл содержал показания 16 датчиков для одного пациента. Выборка состояла из 44 ЭКГ, из которых было построено 528 циклограмм. 21 ЭКГ были без патологий. 23 ЭКГ были с диагнозом инфаркт.

С каждого пациента были получены данные по 12 датчикам, которые представляли собой после преобразования 12 циклограмм. Затем эти 12 циклограмм для каждого пациента были представлены как одно изображение. Это изображение подавалось на вход сверточной нейронной сети. На выходе из сверточной нейронной сети было получено некоторое число, по которому можно было определить, к какому классу нейронная сеть отнесла ту или иную циклограмму. Если число 0, то у пациента был определен диагноз инфаркт, и если число 1, то у пациента отклонений найдено не было.

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 Ризбергена $F_1 = 2J_P J_R / (J_P + J_R)$, 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 определенных циклограмм, относящихся к больным пациентам, N_{TN} – число верно определенных циклограмм, относящихся к здоровым пациентам, N_{FP} – число циклограмм, ошибочно отнесенных к больным пациентам, а N_{FN} – число циклограмм, ошибочно отнесенных к здоровым пациентам.

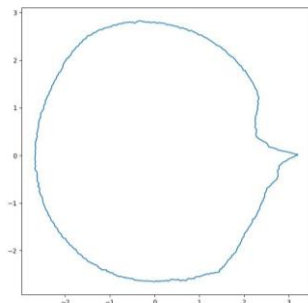


Рис. Пример построенной циклограммы по произвольному датчику

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

Таблица. Результаты исследования работы классификатора

Критерий	Кардиограммы	
	J	Ошибка
JP	1.00	0.00
JR	0.67	0.33
FI	0.80	0.20
JS	1.00	0.00
JA	0.86	0.14

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

Библиографический список

1. Библиотека обработки изображений OpenCV. URL: <http://opencv.org> (дата обращения: 04.09.2020).
2. He K., Sun J. Convolutional neural networks at constrained time cost // The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2015. P. 5353–5360.
3. Русакова М.С., Волостников В.Г., Кишкин С.А., Котова С.П. Исследование возможности применения математического формализма спиральных пучков света для анализа кардиограмм // Квантовая электроника. 2019. Т. 49, № 1. С. 83–88.
4. Agafonova Y., Gaidel A., Zelter P., Kapishnikov A. Convolutional neural network for detection of pathological changes in MR images of the brain // CEUR Workshop Proceedings. 2020. Vol. 2665. P. 37–40.