

## АНСАМБЛЬ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ СЕРДЦА

*Кибитова Валерия Николаевна*

*Студент*

*Факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия*

*E-mail: kibitovavaleria@gmail.com*

Ишемическая болезнь сердца — это болезнь, которая развивается при недостаточном поступлении кислорода к сердечной мышце по коронарным артериям. Она является одной из самых распространенных болезней сердца и может привести к инфаркту.

Традиционно это заболевание определяется экспертом вручную. Следует отметить, что число экспертов, которые имеют требуемые навыки, ограничено, а число потенциальных больных растет с каждым годом. В связи с этими фактами возникает потребность в автоматической системе определения ишемической болезни сердца.

Предложенный метод решения данной задачи представляет собой ансамбль из пяти алгоритмов классификации, каждый из которых будет описан ниже.

Первый алгоритм использует в качестве признакового пространства изображения, полученные с помощью биспектрального разложения сигнала (биспектрума) [1]. Биспектрум — это функция от двух переменных  $f_1$  и  $f_2$ , задающих частоты, выражающаяся следующей формулой:

$$B(f_1, f_2) = X(f_1)X(f_2)X^*(f_1 + f_2), \quad (1)$$

где  $X(f)$  — преобразование Фурье сигнала, а  $X^*(f)$  — комплексное сопряженное к нему. Биспектрум сигнала успешно использовался ранее для определения ишемической болезни сердца [1], однако при этом классификация происходила без использования алгоритмов машинного обучения. Было предложено классифицировать полученные изображения при помощи нейронных сетей.

Основой второго алгоритма служит преобразование сигнала в текст, состоящий из кодовых слов. Данные кодовые слова были получены в результате кластеризации сегментов вейвлет-преобразования сигнала. В качестве признаков используется «мешок кодовых слов», а также вектор, характеризующий сигнал, полученный при помощи технологии word2vec. В качестве классификатора используется градиентный бустинг. Данный подход использовался ранее для классификации пациентов на основе их ЭКГ [6]. Дополнение данного под-

хода признаками на основе word2vec впервые было реализовано в данной работе.

Третий алгоритм основан на применении нейронных сетей над пространством признаков, полученном при расчете статистических оценок на основе временных сегментов QRS-комплексов ЭКГ сигнала. Подобный подход был реализован ранее для определения необходимости госпитализации пациента на основе его ЭКГ [5].

Четвертый алгоритм использует набор признаков, полученных из преобразованного в HRV ЭКГ сигнала. HRV-сигнал – это сигнал, который получен путем вычисления расстояний между R-пиками в ЭКГ сигнале [3]. В качестве классификатора использовался градиентный бустинг.

Пятый алгоритм заключается в использовании трех различных групп признаков: статистические признаки сигнала, параметры Йоркта [4] и признаки В. М. Успенского. В качестве классификатора использовался градиентный бустинг.

Ансамбль строился при помощи EM-алгоритма [2], а также при помощи взвешенного голосования.

Эксперименты проводились на выборке, содержащей 1798 наблюдений. В ходе данной работы было показано, что ансамбль предложенных алгоритмов показывает качество, которое превосходит методы, предложенные ранее.

### Литература

1. Al-Fahoum A., Al-Fraihat A., Al-Araida A. Detection of cardiac ischaemia using bispectral analysis approach //Journal of medical engineering & technology, 2014, Т. 38, №6, С. 311-316.
2. Dawid A. P., Skene A. M. Maximum likelihood estimation of observer error-rates using the EM algorithm //Applied statistics, 1979, С. 20-28.
3. Dua S. et al. Novel classification of coronary artery disease using heart rate variability analysis //Journal of Mechanics in Medicine and Biology, 2012, Т. 12, № 04, С. 1240017.
4. Hjorth B. EEG analysis based on time domain properties //Electroencephalography and clinical neurophysiology, 1970, Т. 29, № 3, С. 306-310.
5. Ripoll V. J. R. et al. ECG assessment based on neural networks with pretraining //Applied Soft Computing, 2016, Т. 49, С. 399-406.
6. Wang J. et al. Bag-of-words representation for biomedical time series classification //Biomedical Signal Processing and Control, 2013, Т. 8, № 6, С. 634-644.