

## ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ОБРАБОТКИ ШУМОПОДОБНЫХ БИМЕДИЦИНСКИХ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ КОРРЕЛОГРАММЫ

Малицкий В.А.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Осипов А.Н. – к. т. н, доцент, доцент кафедры электронной техники и технологии

**Аннотация.** В данной статье приведено описание и алгоритм работы программного модуля на основе метода корреляционного анализа, разработанного при помощи пакета прикладных программ MatLab для исследования шумоподобных биомедицинских сигналов.

**Ключевые слова:** Корреляционный анализ, коррелограмма, коэффициент корреляции, массив данных.

**Введение.** В настоящее время используется множество различных видов обработки шумоподобных биомедицинских сигналов, таких как электромиография, электрокардиография и т.д., основанных на частотно-временных характеристиках. Результатом использования данных методов является спектрограмма [1]. В данной статье предлагается использовать метод, основанный на методе корреляционного анализа, результатом использования которого является коррелограмма. Изложен алгоритм работы программного модуля расчёта коррелограмм, используемый для анализа шумоподобных биомедицинских сигналов.

**Основная часть.** Программный модуль, созданный с помощью пакета прикладных программ MatLab, осуществляет анализ данных последовательностей двух сигналов на основе корреляционного анализа. Корреляционный анализ – статистический метод изучения взаимосвязи между двумя и более последовательностями. Программный модуль осуществляет расчёт коэффициентов корреляции, а затем, по вычисленным данным, выполняется построение коррелограммы. Данный процесс осуществляется в несколько этапов.

На первом этапе необходимо ввести 2 полученные последовательности исследуемых сигналов, записанных в формате .txt файлов, в среду MatLab для их дальнейшей обработки. Благодаря встроенной функции данные из .txt файлов записываются в отдельные массивы. Сами массивы должны быть одинакового размера и содержать одинаковое кол-во элементов  $N$ . При различных длинах сигналов следует сократить более длинный массив до размера меньшего массива, либо дополнить меньший массив нулями до размеров большего. Так же можно смещать данные в массивах и выбирать наиболее интересующий участок сигналов для исследования.

На втором этапе необходимо выбрать размер окна  $M$  (количество отсчётов), который влияет на разрешающую способность. Сами окна выбираются последовательно без перекрытия и не включают в себя элементы предыдущего окна, т. е. они не накладываются друг на друга. Размер окна и их количество  $K$  определяются в соответствии с выражением  $K = N/M$ .

Следует отметить, что число окон  $K$  должно быть целым, а значит в ситуациях получения нецелого результата следует выбрать другой размер окна, дополнить или сократить массивы. В предлагаемой программе “лишние” элементы отбрасываются и далее не используются. Это целесообразно до момента, пока количество отбрасываемых элементов не превышает половину размера окна.

На третьем этапе выполняется расчёт коэффициентов корреляции в каждом окне и запись данных в двумерный массив. Общая формула вычисления коэффициентов корреляции  $r_{12}(n)$  двух исследуемых последовательностей сигналов  $x_1(n)$  и  $x_2(n)$ , содержащих по  $N$  элементов, определяется как:

$$r_{12}(j) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x_1(n)x_2(n+j), \quad (1)$$

где  $j$  – величина сдвига или интервал, на который  $x_2(n)$  смещается относительно  $x_1(n)$ .

В рассматриваемом случае  $j = 1, 2, \dots, M$  относительно первого элемента  $x_1(n)$ , а общее кол-во сдвигов  $x_2(n)$  в окне равно размеру окна. Сдвиг происходит внутри окна и не затрагивает значения вне этого окна. Последнее значение в этом промежутке на следующей итерации становится первым в этой последовательности. Значит, принимая во внимание второй этап, общее количество рассчитанных коэффициентов зависит только от длины входного сигнала. И эти значения совпадают.

Рассчитанные коэффициенты корреляции записываются в двумерный массив, где кол-во строк соответствует размеру окна, а количество столбцов – количеству окон. Данный формат удобен для последующей обработки специальными функциями MatLab. При простом изменении алгоритма записи, можно изменить размерность массива и обрабатывать его не как матрицу, а как строчку с последовательной записью результатов расчёта.

На четвертом этапе, воспользовавшись функцией `pcolor`, выполняется построение графика коррелограммы. Для лучшего восприятия результата можно изменять параметр `colormap` который отвечает за общую цветовую гамму.

Стоит упомянуть о нормировки сигнала. При использовании функции `pcolor` и других встроенных функциях максимальная и минимальная интенсивность цвета определяется по максимальному и минимальному значению коэффициентов корреляции автоматически. Она может быть необходима для более удобной оценки количественных данных человеком.

**Заключение.** Таким образом в данной статье предложен метод для оценки шумоподобных биомедицинских сигналов, основанный на использовании корреляционного анализа. Программный модуль выполнен в среде MatLab. Описан общий алгоритм работы модуля поэтапно с необходимыми пояснениями его особенностей. Результатом работы данного модуля является коррелограмма. Анализ результатов позволяет составить оценку шумоподобных биомедицинских сигналов.

### Список литературы

1. Биомедицинские сигналы и изображения в цифровом здравоохранении: хранение, обработка и анализ: учебное пособие / В.С. Кубланов, А.Ю. Долганов, В.Б. Костюков [и др.]; [под общ. ред. В. С. Кубланова]; Мин-во науки и высш. образования РФ. — Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2020. — 240 с.

2. Меженная, М. М. Аппаратно-программные средства электростимуляции опорно-двигательного аппарата человека на основе частотно-временного анализа биоэлектрической активности мышц; автореф. дисс. ... кандидата технических наук: 05.11.17 / Меженная М. М.; науч. рук. А. Н. Осипов. - Минск: БГУИР, 2012. - 22 с

3. Корреляционный анализ [Электронный ресурс] / Режим доступа - <https://www.statmethods.ru/statistics-metody/korrelyatsionnyj-analiz/> - 25.01.2024

UDC 612.087.1

## A SOFTWARE MODULE FOR PROCESSING NOISE-LIKE BIOMEDICAL SIGNALS BASED ON A CORRELOGRAM

Malitskiy V.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Osipov A.N. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of EET

**Annotation.** This article describes and describes the algorithm of the software module based on the correlation analysis method developed using the MatLab application software package for the study of noise-like biomedical signals.

**Keywords.** Correlation analysis, correlogram, correlation coefficient, data array.