

УДК 612.087.1

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ОБРАБОТКИ ШУМОПОДОБНЫХ БИМЕДИЦИНСКИХ СИГНАЛОВ НА ОСНОВЕ КОРРЕЛОГРАММЫ



Малицкий В.А.
Младший научный
сотрудник НИЧ
БГУИР,
магистрант,
vsevolod.malitskiy@
gmail.com



Осипов А.Н.
Заведующий
лабораторией НИЧ
БГУИР,
доцент, к.т.н.,
osipov@bsuir.by



Клюев А.П.
Старший
преподаватель
кафедры ИПиЭ
БГУИР
kluev@bsuir.by



Тяньбо Ма
Аспирант БГУИР
714922741@qq.com

В.А.Малицкий

Работает в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов – цифровая обработка биомедицинских сигналов.

А.Н.Осипов

Работает в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов – биомедицинская инженерия.

А.П.Клюев

Работает в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов – системы с биологической обратной связью.

Тяньбо Ма

Учится в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов – биомедицинская инженерия.

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. Для расчета значимых параметров биосигналов традиционно используют широкий спектр методов: от статистического и анализа гистограмм распределения до спектрального анализа и нелинейных методов [1]. Для анализа шумоподобных сигналов традиционно используется частотно-временное преобразование [2]. В данной статье для этих целей предлагается использовать метод, основанный на вычислении коррелограмм.

Программный модуль. 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 [3]. Программный модуль осуществляет расчёт коэффициентов корреляции в зависимости от

размера выборки (окна), а затем, по вычисленным данным, выполняются построение коррелограммы. Данный процесс осуществляется в несколько этапов.

На первом этапе загружаются последовательности исследуемых сигналов, записанных в формате *.txt* файлов, в среду *MatLab* для их обработки. Благодаря встроенной функции данные из *.txt* файлов записываются в отдельные массивы. Сами массивы состоят из одинакового кол-ва элементов N . При различных длинах сигналов пользователю следует сократить более длинный массив до размера меньшего массива, либо дополнить меньший массив нулями до размеров большего. В программе предусмотрена возможность смещения данных в массивах, благодаря которой выбирается наиболее интересующий участок сигналов для исследования.

На втором этапе задаётся размер окна M (количество отсчётов), который влияет на разрешающую способность. Выборка окон производится последовательно без перекрытия и не включают в себя элементы предыдущего окна. Размер окна и их количество K определяются в соответствии с выражением $K = N/M$.

Следует отметить, что число окон K должно быть целым. Следовательно, в ситуациях получения нецелого значения K изменяется размер окна, дополняются или сокращаются массивы. В предлагаемой программе избыточные элементы исключаются 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 выполняется внутри окна и не затрагивает значения вне этого окна. Последнее значение в этом промежутке на следующей итерации становится первым в этой последовательности.

Рассчитанные коэффициенты корреляции записываются в двумерный массив. В данном двумерном массиве кол-во строк соответствует размеру окна, а количество столбцов – количеству окон. Данный формат удобен для последующей обработки специальными функциями *MatLab*. В программе имеется возможность изменения размерности массива и обработки его не как матрицы, а как строки с последовательной записью результатов расчёта.

На четвертом этапе, применяя функцию *pcolor*, выполняется построение графика коррелограммы. Вдоль оси X откладываются номера окон, вдоль оси Y – сдвиг в окнах, а значение корреляционного коэффициента отображается насыщенностью цвета.

Стоит упомянуть о нормировании 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 приводится описание разработанного авторами программного модуля вычисления коррелограммы для обработки шумоподобных биомедицинских сигналов. Поэтапно описано функционирование данного

модуля, с необходимыми пояснениями его особенностей. Результаты работы могут быть использованы при проектировании медицинской диагностической аппаратуры.

Список литературы

[1] Биомедицинские сигналы и изображения в цифровом здравоохранении: хранение, обработка и анализ: учебное пособие / В.С. Кубланов, А.Ю. Долганов, В.Б. Костоусов [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

Авторский вклад

Авторы внесли равноценный вклад.

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

Malitskiy V.A.
*Junior Researcher of
the BSUIR Research
Institute, master's
student,*

Osipov A.N.
*Head of the laboratory
of the BSUIR Research
Institute, Associate
Professor, PhD.,*

Klyuev A.P.
*Senior lecturer of the
Department of IPiE
BSUIR*

Tianbao Ma
*Graduate student of
BSUIR*

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.