

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

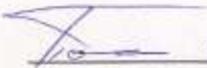
Кафедра динамического моделирования
и биомедицинской инженерии

Применение чирплет-анализа при обработке видеоокулограмм

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

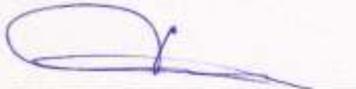
Студентки 4 курса 461 группы
направления 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»
факультета нано- и биомедицинских технологий
Бушуевой Марии Александровны 

Научный руководитель
доцент, к.ф.-м.н.,
должность, уч. степень, уч. звание

 07.06.2018
подпись, дата

А.Э. Постельга
инициалы, фамилия

Зав. кафедрой
доцент, д.ф.-м.н.,
должность, уч. степень, уч. звание


подпись, дата

Е.П. Селезнев
инициалы, фамилия

Саратов 2018г.

Актуальность: В настоящее время цифровая обработка биомедицинских сигналов набирает все большую популярность и применяется для диагностики, мониторинга, лечения и других видов исследований]. Особое место среди методов цифровой обработки сигналов занимают методы амплитудно-частотного анализа, в частности: Фурье преобразование, оконное Фурье, и вейвлет-анализ. Известно, что наилучший результат дают преобразования, базисные функции которых имеют схожий вид с характерными участками биомедицинского сигнала. Например, для анализа строго периодических и протяженных во времени сигналов может быть использовано дискретное преобразование Фурье. Для случаев квазипериодического сигнала применяется оконное Фурье преобразование. В случае, когда характерные участки биомедицинского сигнала представляют собой всплески с постоянной частотой, для их анализа удобно использовать вейвлет преобразование, выбирая базисные функции таким образом, чтобы их вид был максимально похож на вышеназванные всплески. Особое место в ряду базисных вейвлет-функций занимают чирплет функции, отличающиеся наличием изменения частоты внутри одного базиса. Изначально чирплет преобразование использовалось для компрессии изображений в телекоммуникационных системах, и в силу своей эффективности нашло применение в медицине для анализа электрокардиограмм и электроэнцефалограмм.

При анализе видеоокулограмм было замечено, что отклонения траектории движения глаза от идеальной при слежении за движущимся объектом по своему виду схожи с базисными чирплет функциями.

Для количественного анализа характеристик такого рода отклонений представляет интерес определение параметров соответствующей чирплет функции.

Цель данной работы: определить параметры базисной чирплет-функции по временной зависимости положения глаза человека

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- проведение критического анализа литературы
- выбор базисной функции для анализа
- моделирование, включающее прямое и обратное преобразование модельного сигнала
- применение чирплет-анализа к видеоокулограммам больных шизофренией
- применение чирплет-анализа к видеоокулограммам больных с нистагмом
- формулировка выводов по результатам

Выпускная квалификационная работа бакалавра состоит из введения, двух разделов, имеющих подразделы заключения, списка использованной литературы и приложения.

Во введении дается обоснование актуальности исследуемой проблемы, описывается цель и задачи выполняемой работы

В первом разделе представлен обзор методов спектрального анализа с выявлением их недостатков.

Во втором разделе рассматриваются метод диагностики шизофрении и лечения нистагма с помощью видеоокулографии.

В третьем разделе описывается метод нахождения значения параметров чирплет-функции и производится вычисление его погрешности при воздействии на сигнал высокочастотного шума.

В заключении подводятся итоги выполненной работы.

Основное содержание работы

Чирплет-преобразование

Чирплеты - результат произведения линейно частотномодулированного сигнала на оконную функцию, вид которого зависит от выбранной базисной функции и является функцией от трех параметров.

В силу многообразия своих форм, чирплет- преобразование применяется для анализа нестационарных сигналов, таких как эхолокационный сигнал летучих мышей, для анализа сейсмической активности и сжатия мультимедиа информации

Метод нахождения значений параметров чирплет-функции

Для анализа была выбрана базисная функция чирплета вида:

$$\psi(t, a, b, y) = (t - b) \exp \left[- \left(\frac{t - b}{a + y(t - b)} \right)^2 \right]$$

a - параметр масштаба (параметр главной частоты);

b - параметр сдвига по времени;

y - параметр изменения масштаба (параметр изменения частоты).

В ходе компьютерного эксперимента необходимо вычислить значения параметров a и y заданной функции. На начальном этапе были созданы текстовые файлы, хранящие 1000 значений исходной функции ψ и параметра t с шагом в 0.05, параметром $a = 0.24$ и $y = 0.2$. (Рисунок 1)

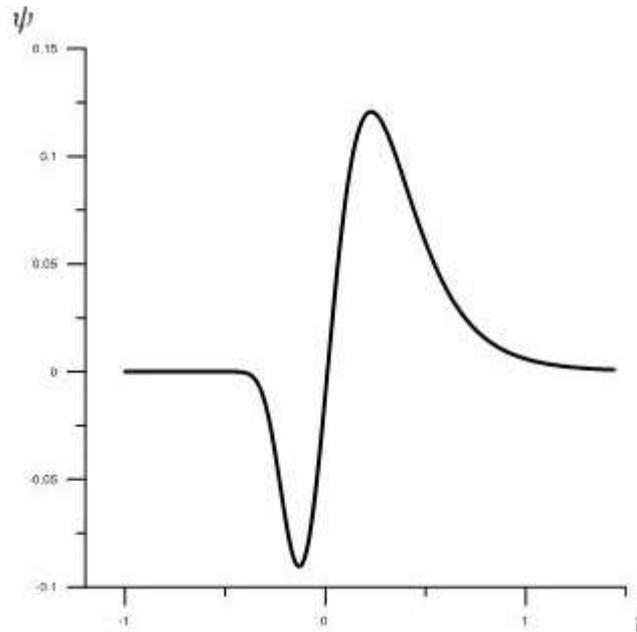


Рисунок 1 Вид заданной функции ψ .

На следующем этапе применяется метод наименьших квадратов. Смысл метода заключается в сравнении экспериментальной зависимости и теоретической функции, несколько параметров которой необходимо найти. Для количественной оценки степени схожести экспериментальной и теоретической зависимости строится функционал вида $S(a, y)$:

$$S(a, y) = \sum_i (\psi_i - \psi(a, y, \psi_i))^2$$

где ψ_i – экспериментальная функция, а $\psi(a, y, \psi_i)$ - теоретическая функция.

Значения параметров a и y при которых данный функционал принимает минимальное значение выбираются как наиболее близкие к искомому.

Для определения минимума данного функционала можно решить систему уравнений с частными производными.

$$\begin{cases} \frac{\delta S}{\delta y} = 0 \\ \frac{\delta S}{\delta a} = 0 \end{cases}$$

Для более точного нахождения значения параметров можно использовать метод последовательных приближений, что и было проделано в настоящей работе].

Поиск минимума происходил для параметра y в диапазоне от 0.1 до 0.4 с шагом в 0.1 и для параметра a в диапазоне от 0.01 до 0.25 с шагом в 0.01. В следующей итерации поиск производится с меньшим шагом в области значений найденных на предыдущем этапе в ходе минимизации функционала S . Вычисление значения параметров с использованием метода последовательных приближений происходит в три итерации, при этом точность определения параметра y достигает 10^{-3} , а для параметра a 10^{-4} .

Вычисление погрешности метода в зависимости от уровня шума

В реальных данных на основе видеоокулограмм пациентов содержатся шумовые составляющие. Низкочастотный случайный шум оказывает влияние на качество данных и затрудняет их дальнейшую обработку, поэтому сигнал необходимо отфильтровывать. Для этого из исходного сигнала вычитается известная функция движения тест-объекта.

Для определения точности метода вычисления значения параметров chirplet-функции в условиях реальной зашумленности сигнала была исследована зависимость погрешности определения искомых параметров для различного уровня случайного высокочастотного шума, искусственно наложенного на модельную функцию.

Диапазон добавления шума d задается по формуле:

$$d = d_2 - d_1 + 1$$

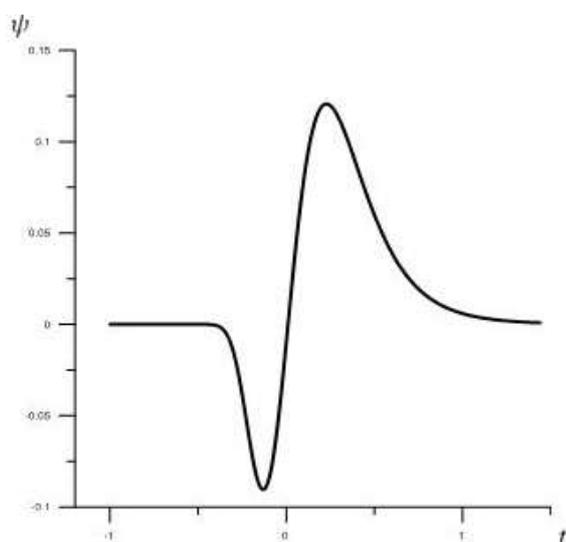
где d_1 -начало диапазона, d_2 - конец диапазона. (Таблица 1)

Таблица 1 - Значения диапазона в зависимости от уровня шума

	5%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%
d_1	950	900	800	700	600	500	400	300	200
d_2	1050	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800

Высокочастотный шум добавляется к исходным данным по формуле:

$$\psi_i = \psi_i \frac{(Random(d) + d_1)}{1000}$$



а)

б)

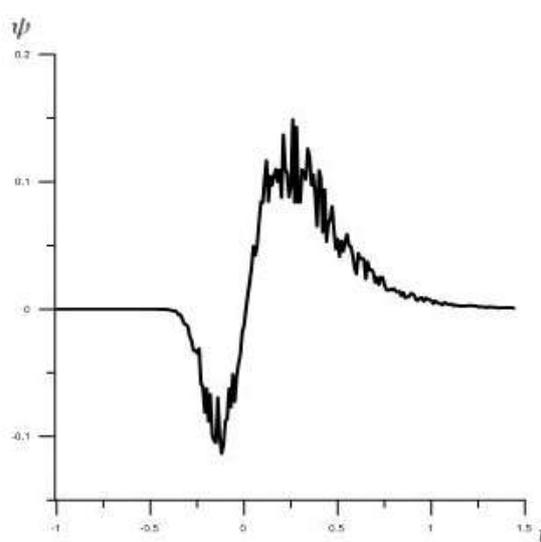


Рисунок 2 Вид функции ψ : а) без шума; б) с добавлением высокочастотного шума

Погрешность вычисления значения параметров рассчитывается по формулам:

$$\Delta = x - x_{ист}$$

$$\delta = \frac{\Delta}{x_{ист}}$$

где Δ - абсолютная погрешность; δ - относительная погрешность; x – полученное значение параметра; $x_{ист}$ – истинное значение параметра.

Результаты вычисления параметров представлены в таблице 2:

Таблица 2

	5%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%
y	0.2	0.201	0.2	0.2	0.2	0.2	0.202	0.202	0.202
a	0.24	0.24	0.241	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
$\delta(y)$	0	0.5%	0	0	0	0	1%	1%	1%
$\delta(a)$	0	0	0.4%	0	0	0	0	0	0

В ходе компьютерного эксперимента было установлено, что внесение случайного высокочастотного шума по случайному соотношению не оказывает какого либо значительного влияние на вычисление параметров.

Заключение

В ходе выполнения данной квалифицированной работы были определены параметры базисной чирплет-функции по временной зависимости положения глаза человека.

В работе проведен критический анализ литературы на тему существующих методов спектрального анализа, выделены их недостатки. Недостатки преобразования Фурье: неприменимость при обработке нестационарных сигналов, сложность обработки сигналов с перепадами бесконечной крутизны, невозможность описания локальных свойств сигнала. Оконное преобразование Фурье имеет недостаток, заключающийся в отсутствии способа изменения масштаба окна во время анализа. Недостаток вейвлет-преобразования и чирплет-преобразования проявляется как относительная сложность при анализе участков с непостоянной частотой.

Для выполнения выпускной квалификационной работы были изучены методы диагностики шизофрении и методика лечения нистагма с помощью видеоокулографа.

В ходе выполнения практической части был выбран вид базисной функции чирплета, для которого выполнялся поиск параметров. Применен метод чирплет-анализа к видеоокулограммам больных шизофренией и нистагмом. Определено отсутствие влияния случайного высокочастотного шума на точность метода вычисления значения параметров чирплет-функции.