

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НИЗКОЧАСТОТНЫХ СИГНАЛОВ, СНЯТЫХ С КОРЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА, ОБРАБОТАННЫХ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЕМ ДОБЕШИ**

А.С. Ягодкин<sup>1</sup>, В.А. Туинов<sup>1</sup>, В.В. Лавлинский<sup>1</sup>, Ю.Г. Табаков<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»

В статье приводятся результаты исследования о возможности использования вейвлет-преобразования Добеши для обработки низкочастотных сигналов, снимаемых с коры головного мозга. Даются преимущества использования вейвлет-преобразования Добеши для аудиосигналов с естественными помехами.

Ключевые слова: вейвлет-преобразование, программирование, низкочастотные сигналы, интеллектуальный тренажер, методы обработки данных.

## **THE USE OF LOW-FREQUENCY SIGNALS REMOVED FROM THE HUMAN CEREBRAL CORTEX TREATED BY THE WAVELET BY THE DOBESHA TRANSFORM**

A.S. Yagodkin<sup>1</sup>, V.A. Tuinov<sup>1</sup>, V.V. Lavlinskiy<sup>1</sup>, Yu.G. Tabakov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

The article presents the results of a study on the possibility of using the Daubechey wavelet transform for processing low-frequency signals taken from the cerebral cortex. The advantages of using the Daubechey wavelet transform for audio signals with natural interference are given.

Keywords: wavelet transform, programming, low-frequency signals, intelligent simulator, data processing methods.

С каждым годом использование различных методов обработки данных, основанных на применении вейвлет-преобразования, растёт, и этот рост наблюдается, практически, во всех областях применения методов цифровой об-

работки сигналов: компьютерная графика, телекоммуникации, медицина, биология и т.д. Это обусловлено тем, что функции вейвлет-преобразования, позволяют анализировать различные частотные компоненты данных. Так, например, по сравнению с дискретным преобразованием Фурье, вейвлет-преобразования обладают существенными преимуществами, которые позволяют наблюдать не только частотный спектр сигнала, но и гармонику в определенный момент времени. Благодаря этому, можно анализировать как прерывистые сигналы, так и сигналы с резким всплеском. Все эти преимущества делают вейвлеты простыми и функциональными для обработки непрерывных сигналов и осуществления их с помощью цифрового преобразования.

Каждый из вейвлет-методов обладает как своими преимуществами, так и недостатками, что требует исследования в решении сложных задач, к которым относится задача использования низкочастотных сигналов коры головного мозга в управлении интеллектуальным тренажёром по восстановлению опорно-двигательной системы человека.

С этой целью для создания программного продукта обработки низкочастотных сигналов с коры головного мозга человека необходимо выбрать соответствующее для данной задачи вейвлет - преобразование.

В данной статье, приводится анализ низкочастотных сигналов на основе вейвлет - преобразования Добеши с оптимальными расчетными коэффициентами. Такой подход необходимо исследовать из-за наличия помех в НЧ-сигналах, снимаемых с коры головного мозга, и поэтому есть необходимость использования фильтрации сигнала с требуемыми параметрами [1, 2].

Способность программного продукта, основанного на использовании вейвлет-преобразования Добеши, принимать низкочастотные сигналы с коры головного мозга человека, обрабатывать их и выполнять выявление управляющих сигналов для интеллектуального тренажёра по восстановлению опорно-двигательной системы человека, позволит подойти к процессу проектирования такого рода устройств.

Главным элементом в вейвлет анализе является его функция, которая отвечает двум условиям:

1. Среднее значение (интеграл по всей прямой) равно 0.
2. Функция быстро убывает при  $t = \infty$ .

Функция вейвлета обозначается буквой  $\psi$ , а вейвлет-преобразование функции  $f(t)$  выглядит следующим образом [3]:

$$W(a, b) = \frac{1}{a} \int_{-\infty}^{\infty} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) f(t) dt \quad (1)$$

где  $t$ - ось времени,  $a$  - момент времени,  $b$  - параметр обратный частоте.

При анализе любого сигнала необходимо выбрать соответствующий базис, т.е. систему функций, которые будут играть роль «функциональных координат». Преобразование Фурье с его бесконечно протяженным тригонометрическим базисом хорошо подойдет для анализа стационарных сигналов. В данном случае, базисные функции должны иметь конечную область определения. С их помощью можно покрыть все пространство, применяя смещение сжатых вариантов одной функции. Благодаря этому, разложим каждый сигнал в вейвлет-ряд или определим интеграл. В этом случае каждая частотная компонента будет изучаться отдельно [3]:

$$\varphi(x) = \sqrt{2} \sum_{k=0}^{2M-1} h_k \varphi(2x - k) \quad (2)$$

В уравнении (2)  $\varphi(x)$  это функция с двоичным изменением масштаба  $M$  (фактор 2), сжатыми модификациями  $h$  и целочисленными трансляциями  $k$ .

Для данного уравнения (2) величина масштабирующего множителя определяется размером ячеек. Так целое число  $M$  определяет число коэффициентов  $h_k$  и длину области вейвлета [3] в следующем виде:

$$h_k = \sqrt{2} \int \varphi(x) \overline{\varphi(2x - k)} dx \quad (3)$$

Отсюда следует, что конечное число коэффициентов  $h_k$  отлично от нуля.

Кроме того, должно выполняться следующее условие нормировки:  $\int_{-\infty}^{\infty} \varphi(x) dx = 1$ .

Преимущества вейвлет-преобразования Добеши, для аудиосигналов с естественными помехами, дают возможность его использования для обработки НЧ-сигналов коры головного мозга.

#### Список литературы

1. Юрьев, Н.Ю. Анализ эксперимента по созданию токопроводящих дорожек печатных плат / Н.Ю. Юрьев, В.В. Лавлинский, Н.С. Бокарева // Моделирование систем и процессов. – 2020 – Т.13, №2. – С. 77-84.
2. Жуков, В.М. Методология синтеза информационно-измерительной и управляющей системы с настраиваемой структурой и гибкими чувствительными элементами на примере фазированной решётки / В.М. Жуков, Д.Ю. Муром-

цев, В.В. Лавлинский // Моделирование систем и процессов. – 2020 – Т.13, № 4. – С. 9-18.

3. Лавлинский, В.В. Математические зависимости формализации процедур проектирования МОП-транзисторов / В.В. Лавлинский, А.Л. Савченко // Моделирование систем и процессов. – 2018 – Т.11, №1. – С. 21-26.