

Программа повышения конкурентоспособности

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

высшего образования

«Уральский федеральный университет имени

первого Президента России Б. Н. Ельцина»

**ПРИМЕНЕНИЕ ВЕЙВЛЕТ МЕТОДОВ
ДЛЯ АНАЛИЗА ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ**

**Методические указания к выполнению
лабораторной работы № 6**

Екатеринбург

2017

Содержание

Цель изучения материала	3
Перечень компетенций, формирующихся или получающих приращение в результате прослушивания лекции	3
Список литературы	4
1. Введение.....	5
2. Задание на лабораторную работу	6
3. Требования к оформлению отчета.....	14

Цель изучения материала

Целью данной лабораторной работы является знакомство и изучение средств MATLAB для работы с вейвлетами, а именно его дополнительного инструмента, называемого *Wavelet Toolbox*. Студенты приобретут навыки по использованию этого инструмента для анализа и декомпозиции временных рядов, а также получения оценки их частотно-временных характеристик.

Перечень компетенций, формирующихся или получающих приращение в результате прослушивания лекции

Способность анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями.

Умение разрабатывать стратегии проектирования, определением целей проектирования, критериев эффективности, ограничений применимости.

Умение проводить разработку и исследование теоретических и экспериментальных моделей объектов профессиональной деятельности в областях науки, техники.

Список литературы

1. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам. — Ижевск: РХД. — 2001. — 464 с.
2. Coifman R. R., Wickerhauser M. V. Entropy-Based Algorithms for Best Basis Selection // IEEE Transactions on Information Theory. 1992. — march. — Vol. 38, no. 2. — P. 713–718.
3. Daubechies I. Orthonormal bases of compactly supported wavelets // Commun. — Pure Appl. Math. — 1988. — Vol. 61. — P. 909–996.
4. Morlet J., Grossmann A. Sampling theory and wave propagation // Issues in Acoustic signal/Image processing and recognition. — 1983. — Vol. 1. P. 233–261.
5. A.N. Akansu and R.A. Haddad, Multiresolution Signal Decomposition: Transforms, Subbands, and Wavelets. — Boston, MA: Academic Press. — ISBN 978-0-12-047141-6. — 1992. — 499 с.

1. Введение

В MATLAB есть целый отдельный огромный инструмент для работы с вейвлетами – *Wavelet Toolbox*, который является составной частью более крупного пакета *Signal Processing and Communications*. Основное меню работы с ним вызываются через команду **wavemenu** в командном окне, либо

через выбор соответствующей иконки из числа приложений –

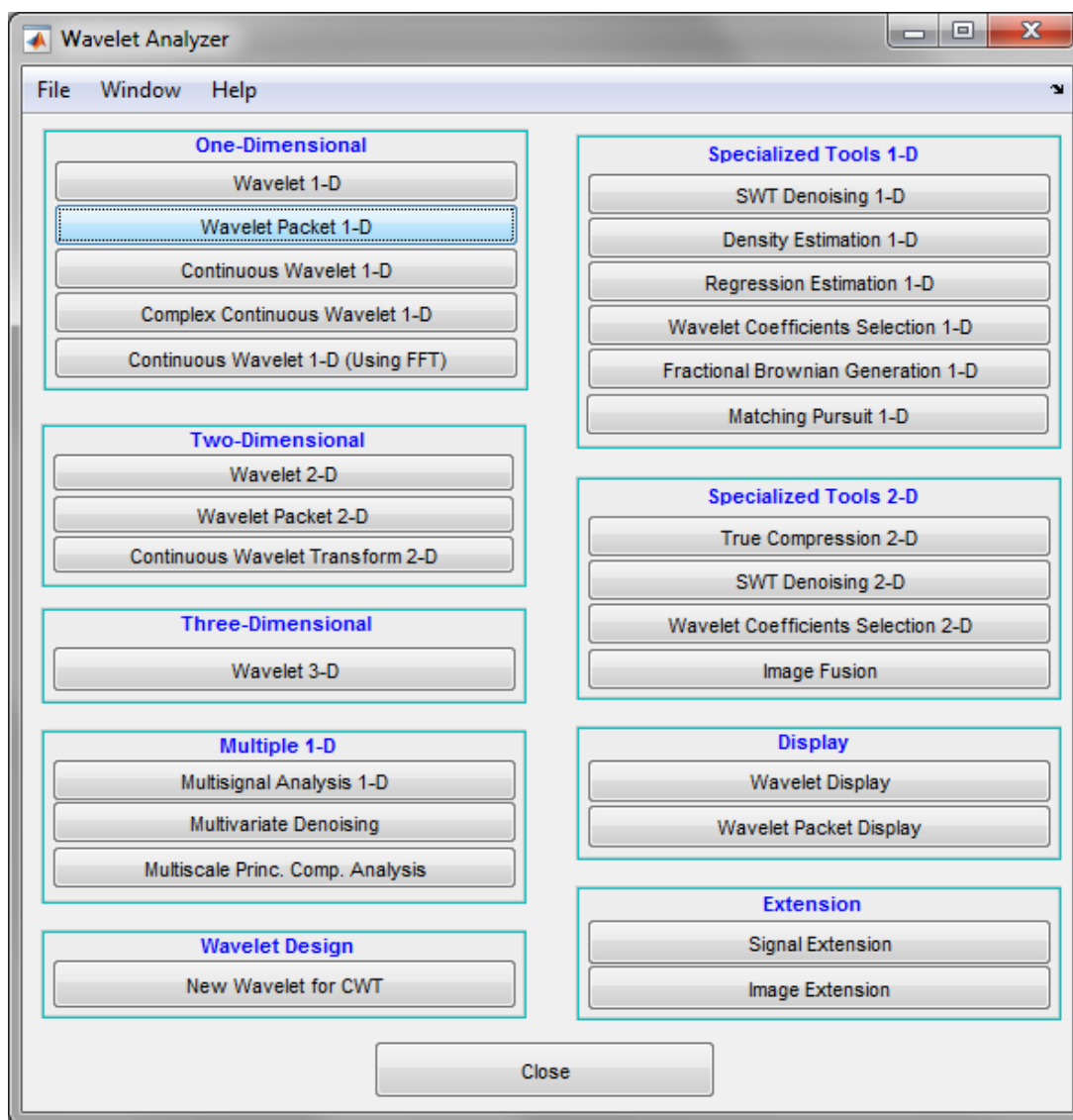
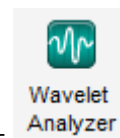



Рисунок 1 – Главное окно пакета MATLAB для работы с вейвлетами

2. Задание на лабораторную работу

- 1) В среде MATLAB введите в командную строку **wavemenu**, либо среди множества приложений найдите инструмент из пакета *Signal Processing and Communications* под названием **Wavelet Analyzer**.
- 2) Если все было сделано правильно, то появится окно, на подобии того, что представлено на рисунке 1. В зависимости от версии MATLAB инструмент по составу своих компонент может отличаться, но нужные нам инструменты являются самыми базовыми, поэтому присутствуют в любой версии.
- 3) Для начала начнем с декомпозиции временных рядов. Для этого выберите кнопку «Wavelet 1-D» , так как нас интересует анализ одномерных временных рядов.
- 4) Откроется окно, подобное представленному на рисунке 2.

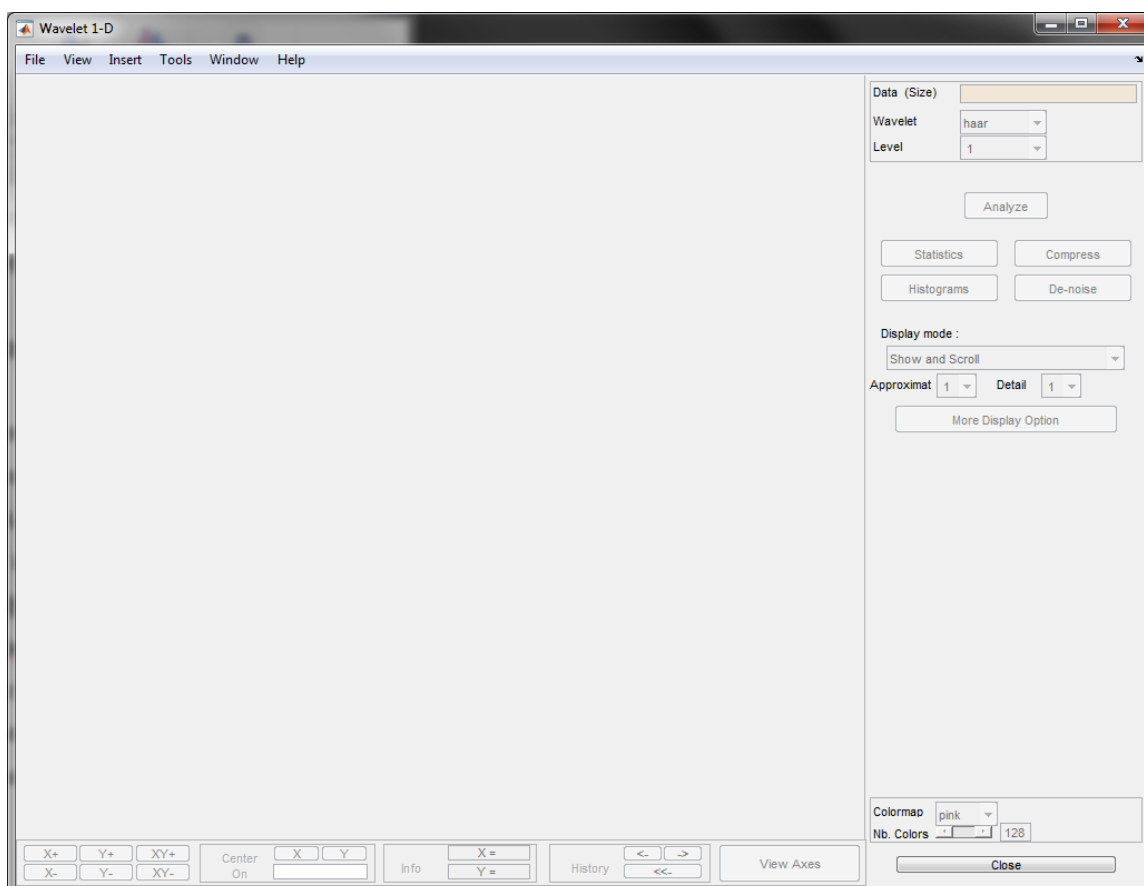


Рисунок 2 – Окно декомпозиции одномерных ВР

- 5) Начнем анализ временных рядов с примеров, которые любезно предоставлены самим средством *Wavelet Toolbox*. Из меню слева-вверху выберите строчку **File->Example Analysis->Basic Signals** и выберите первую строчку – сумму синусов (*Sum of sines*).
- 6) Для примеров инструмент сразу же производит декомпозицию для predetermined уровня и базисного вейвлета. Должно получиться изображение, как на рисунке 3.

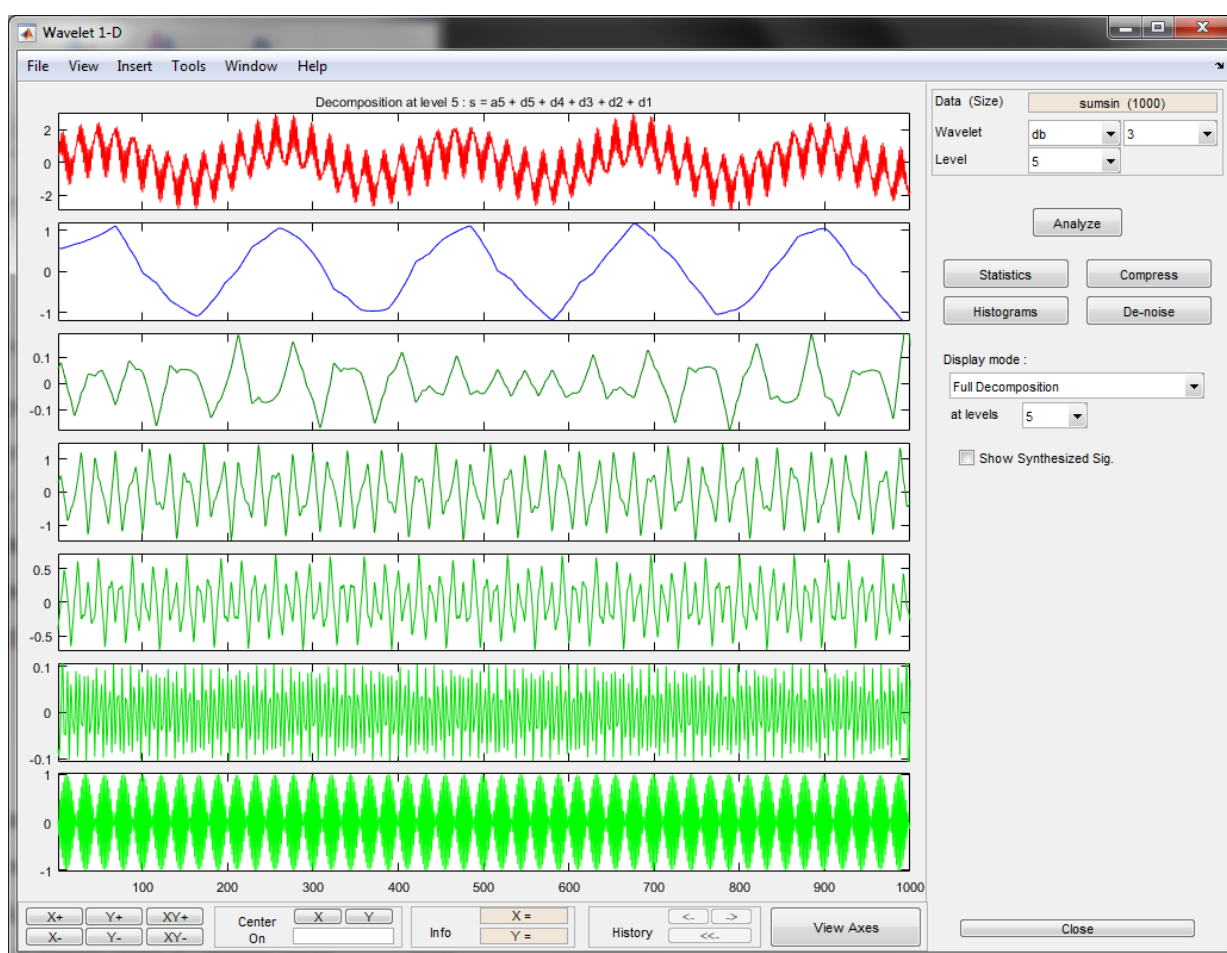
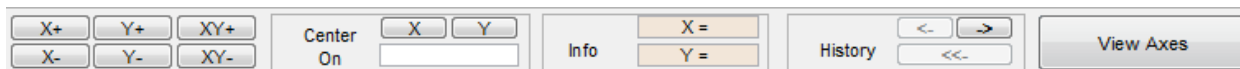


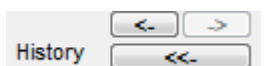
Рисунок 3 – Декомпозиция вейвлетами суммы синусов

- 7) Поясним, что изображено на этом главном окне анализа ВР с помощью вейвлетов (рисунок 3). На самом верху приведена строчка $s = a5 + d5 + d4 + d3 + d2 + d1$, которая показывает, как выглядит финальная декомпозиция ряда. Исходный ряд s разложен на одну аппроксимацию $a5$ и 5 деталей $d1, d2, d3, d4, d5$. То есть мы разложили исходный ВР на 6 компонент, одна из которых считается главной компонентой для данного анализа.
- 8) На первом графике, соответственно, приведен исходный ряд s . На втором графике – $a5$, и на последующих – его детали $d1-d5$.
- 9) Ниже графиков находятся вспомогательные кнопки, которые:



позволяют менять масштаб графиков; центрируют графики по осям (по умолчанию); выводят координаты выделенной точки; сохраняют историю всех изменений масштаба и позволяют их откатить; позволяют построить каждый из графиков отдельно.

- 10) На графики можно нажимать мышкой: при нажатии левой клавиши выделяется прямоугольная область, которую вы хотите отмасштабировать клавишами внизу-слева; при нажатии правой клавиши будут показаны координаты данной точки ниже.
- 11) Поэкспериментируйте с масштабированием графиков, чтобы более точно понять, что на них изображено. Увеличьте масштаб последнего графика $d5$ и добавьте изображение всех получившихся графиков в отчет.
- 12) Для отмены изменений масштаба используйте клавишу



- 13) Справа вверху инструмента находятся **параметры декомпозиции**. Напомним, что параметрами вейвлет-декомпозиции являются **вид базисного вейвлета** (его сокращенное имя и его степень) и **уровень декомпозиции**. Чтобы понять, что обозначают сокращения для описания базисных вейвлетов, в главном окне *wavemenu* нажмите на кнопку **Wavelet Display** на панели **Display**.
- 14) Появится окно для рисования каждого отдельного базисного вейвлета. Постройте и изучите следующие базисные вейвлеты: **haar, db 2, db 4, db 8, coif 1, coif 3, dmey, gaus 5, morl**. Для каждого вейвлета также этим средством можно посмотреть краткую информацию об этом вейвлете и о базисных функциях в целом (информация на английском языке).
- 15) Приведите в отчет изображения функций ψ_i для изученных вейвлетов и поясните рисунки сокращениями базисных вейвлетов (с уровнями, если они имеются).
- 16) Вернемся к средству декомпозиции рядов. Теперь, когда мы знаем, как выглядят базисные вейвлеты, мы можем понять, что исходный ВР раскладывается в виде **подобий** этому базисному вейвлету с разным частотно-временным масштабом.
- 17) Для пятого уровня декомпозиции (**Level 5**) переберите следующие базисные вейвлеты: **haar, db 2, db 4, db 8, coif 1, coif 3, dmey**. Для декомпозиции ряда нужно нажать клавишу *Analyze*. Приведите для каждого получившегося случая рисунок в отчет.
- 18) Выберите среди них тот вариант декомпозиции, который Вам показался **наилучшим**, то есть отметьте тот базисный вейвлет, который лучше всего подошел для декомпозиции синусоид. Приведите в отчете Вашу точку зрения, почему это так.

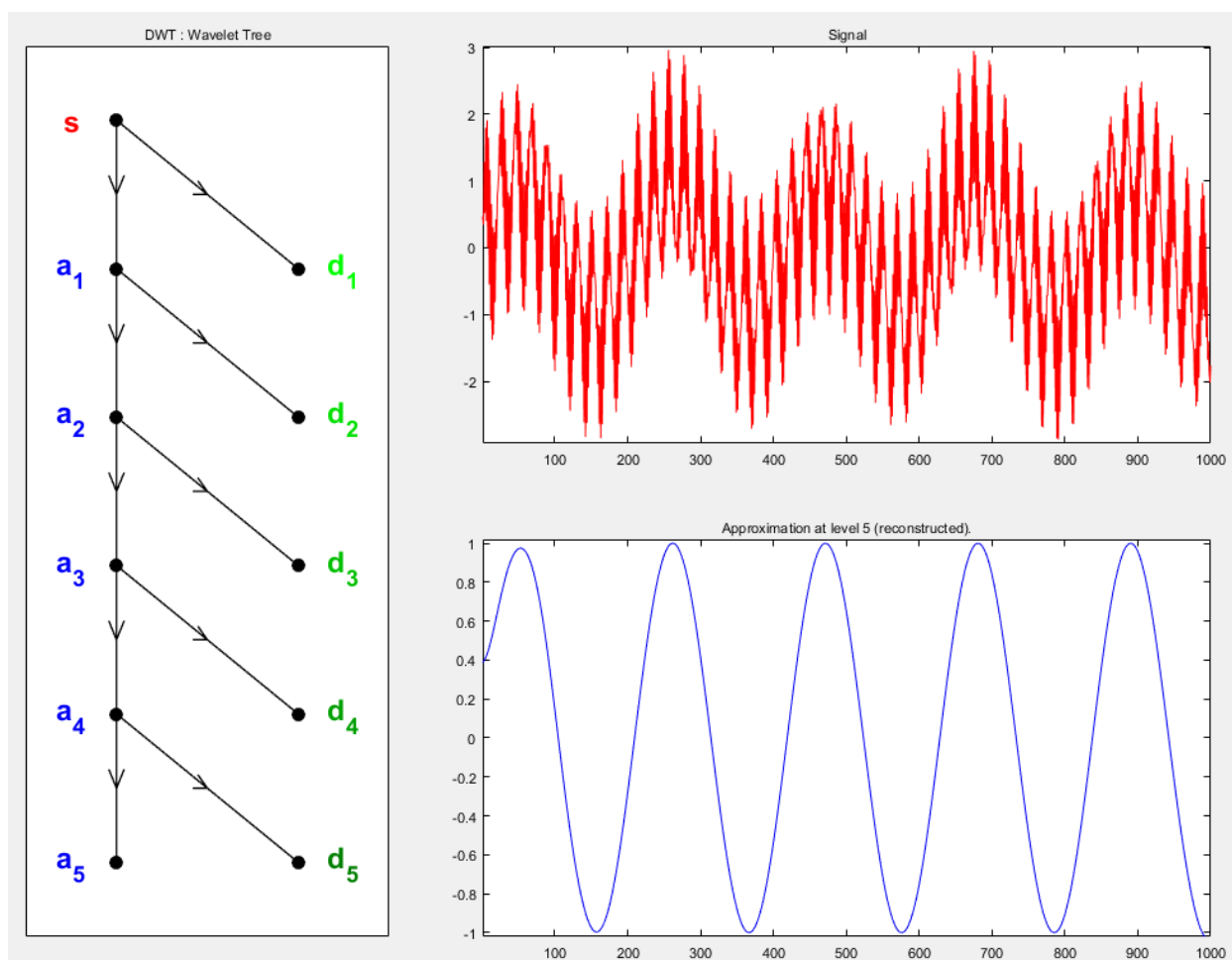


Рисунок 4 – Древоподобная структура декомпозиции ряда

- 19) В строке **Display Mode** справа ниже кнопок выберите строчку **Tree Mode**. Теперь окно будет выглядеть как на рисунке 4. Нажимайте последовательно на дереве на буквы **s, a1, a2, a3, a4, a5**. Так вы сможете увидеть, как менялась аппроксимация синусоиды с каждым шагом, с каждым новым уровнем декомпозиции.
- 20) Вернитесь к **Display Mode – Full Decomposition**. Изменяйте уровень с 5 на 6, потом 7, потом 8 и 9. Какие изменения происходят в декомпозиции? Какой из уровней Вы считаете наилучшим и почему? Приведите ответы на эти вопросы в отчете.
- 21) **На этом с суммой синусоид можно закончить.**

- 22) Теперь изучите аналогично еще следующие примеры, предоставленные самим инструментом: *Frequency Breakdown; Uniform White Noise; Second Derivative Breakdown; Sine + white noise*.
- 23) **Методика** их анализа следующая: подберите наилучший вид базисного вейвлета и уровня декомпозиции, чтобы получить наиболее удовлетворительный, с Вашей точки зрения, результат декомпозиции в целом.
- 24) В отчет приведите результаты ознакомления с примерами: укажите выбранный Вами вейвлет и уровень декомпозиции, изображения декомпозиции для данных параметров, а также пояснения по выбору параметров. Не забудьте указать сам характер исходного ВР, который анализировался.
- 25) Теперь изучим пакетную декомпозицию для построения оценки вейвлет-спектра заданных временных рядов. Для этого в **wavemenu** выберите **Wavelet Packet 1-D**.
- 26) В открывшемся окне выберите пример ЛЧМ сигнала:
File -> Example Analysis -> linchirp.
- 27) Измените тип вейвлета на **dmey**, тип энтропии – **shannon**. Вы получите изображение, как на рисунке 5.
- 28) На рисунке 5 слева находится **полное дерево декомпозиции**, в соответствии со схемой WPD из лекции 6 рисунка 6.3. Справа приведены сам исходный ВР, а ниже его – **оценка спектра** в виде вейвлет-коэффициентов. Чтобы убедиться, что это оценка спектра именно ЛЧМ сигнала, сохраните данный сигнал в *Workspace* с помощью **File->Export to Workspace->Export Signal** и затем к получившемуся массиву примените функцию **spectrogram(my_VAR_1, 64)**.
Сравните полученную спектрограмму с вейвлет-спектром.

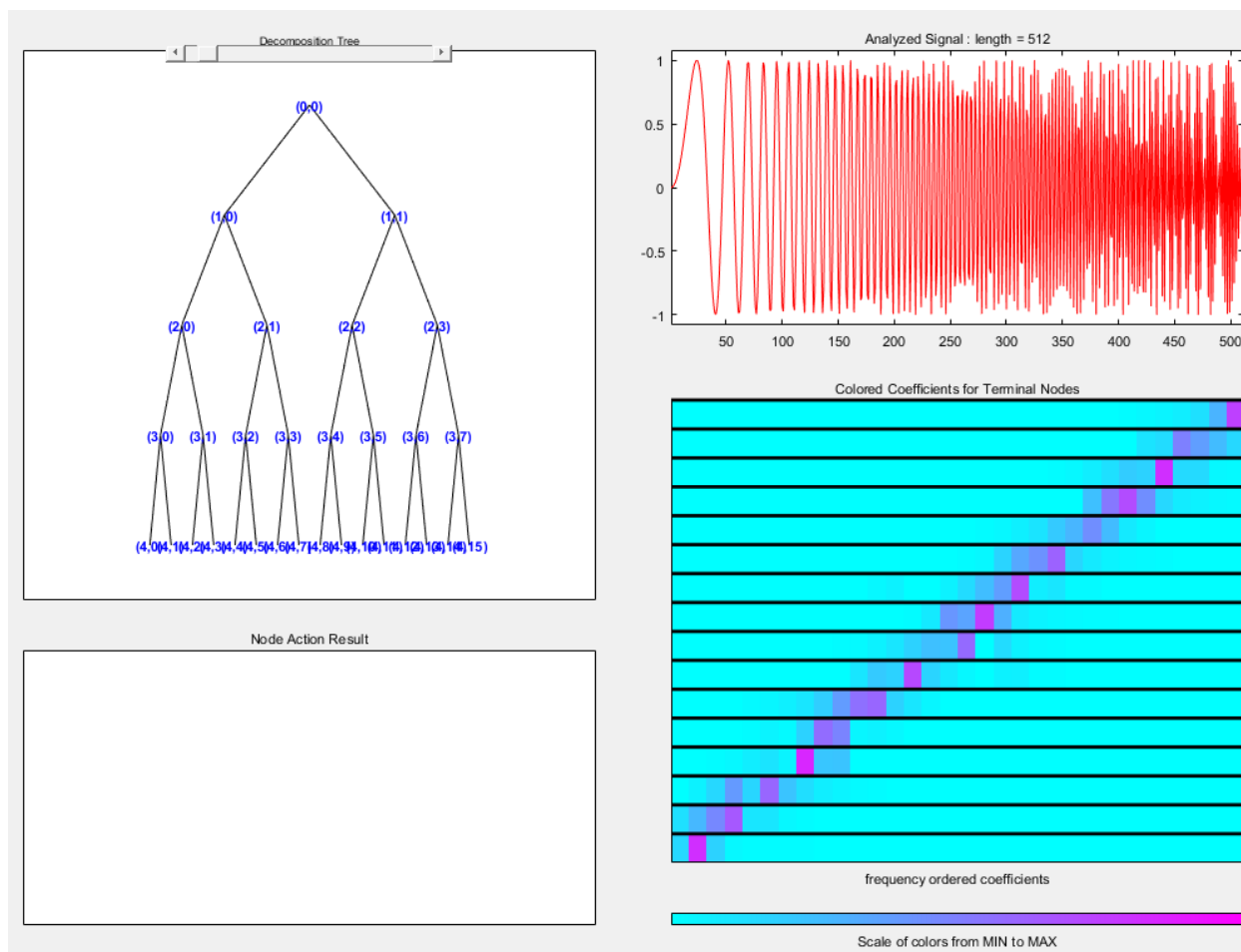


Рисунок 5 – Вейвлет-спектр ЛЧМ сигнала

- 29) Измените уровень **Level** декомпозиции с исходного на **7**. Вдруг результат спектра сильно ухудшился. Это связано с тем, что было выбрано не оптимальное, а полное дерево решений. Нажмите на кнопку **Best Tree**, и убедитесь, что оценка спектра ЛЧМ сигнала вернулась. Если нажать на **Best Level**, то Вам покажут тот уровень, где инструмент решил, что детализация уже достаточна (уровень 3).

- 30) **Самостоятельное задание:** создайте самостоятельно ВР, состоящий из **4-х гармоник** (подобно заданию из SSA) с нормальным шумом. По вариантам (вариант = две последние цифры студ. билета), из таблицы ниже, выберите свой **базисный вейвлет**.

$$u(t) = \sin[2\pi t(f_1)] + \sin[2\pi t(f_2)] + \sin[2\pi t(f_3)] + \sin[2\pi t(f_4)] + \xi(t)$$

- 31) На основе этого базисного вейвлета проведите **декомпозицию** ВР и попробуйте выделить эти 4 гармоники отдельно. Затем постройте вейвлет-спектр этого сигнала с помощью WPD. Приведите полную методику анализа в отчете, с изображениями и пояснениями.

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>db8</i>	<i>coif3</i>	<i>haar</i>	<i>dmey</i>	<i>coif1</i>	<i>db4</i>	<i>db2</i>	<i>dmey</i>
9	10	11	12	13	14	15	16
<i>coif5</i>	<i>haar</i>	<i>dmey</i>	<i>db8</i>	<i>dmey</i>	<i>db2</i>	<i>dmey</i>	<i>db4</i>
17	18	19	20	21	22	23	24
<i>coif4</i>	<i>dmey</i>	<i>db8</i>	<i>haar</i>	<i>db8</i>	<i>dmey</i>	<i>coif2</i>	<i>db2</i>

3. Требования к оформлению отчета

Отчет должен обязательно содержать: постановку задачи, результаты выполнения пунктов с 1 по 31, графики соответствующих зависимостей с пояснениями, объяснения, которые требовались в ходе работы, заключение. Также весь код функций и сценариев добавляется в приложение в конце. У отчета должен быть оформлен грамотный титульный лист с указанием названия дисциплины, номера работы, фамилии преподавателя и ученика.