

УДК 004.383

М. А. Гундина, канд. физ.-мат. наук, доц.

E-mail: hundzina@bntu.by

П. И. Ширвель, канд. физ.-мат. наук, доц.

E-mail: pavel.shirvel@bntu.by

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Скалограмма сигнала в Mathematica

Целью работы является спектральный анализ сигнала, построение скалограммы с помощью вейвлета Морле, модификация скалограммы для получения более информативного графического представления. На скалограмме введена шкала для значения амплитуды сигнала в зависимости от времени и периода ее составляющих компонентов. Разработана модификация представления скалограммы исходного сигнала, позволяющая определить периоды составляющих компонент.

Ключевые слова: спектральный анализ, Wolfram Mathematica, скалограмма.

Введение

Спектральный анализ широко применяется в задачах обнаружения надводных кораблей и подводных лодок, при получении информации о скорости цели в радиолокационных системах и других прикладных задачах науки и техники [1, 2]. В литературе подробно описаны особенности спектрального анализа на основе преобразований Фурье [3, 4].

Сведения из теории

Спектральный анализ используется для получения дополнительной информации о данных, полученных промышленным оборудованием [5, 6].

Система *Wolfram Mathematica* может быть использована для реализации известных и разработки новых методов обработки сигналов [7, 8].

Целью данного исследования является модификация скалограммы сигнала для получения дополнительной информации о сигнале.

Сигнал, содержащий две периодические составляющие

Рассмотрим сигнал, который задается аналитически функцией $f(t)$:

```
f[t_]:=If[t<200&&t>0,Cos[2Pi /10 t],If[t>800,Cos[2Pi /30 t],  
If[t>500&&t<700,Cos[2Pi /20 t],0]]].
```

График этого сигнала представлен на рис. 1.

Спектр вычисляется с помощью преобразования Фурье, примененного к массиву значений, которые соответствуют отсчетам сигнала во временной области.

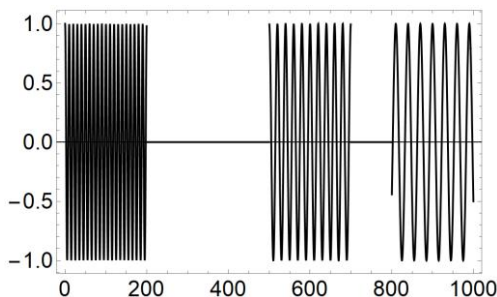


Рис. 1. График исходного сигнала

Частота дискретизации определяется по формуле $fs = d/h$, где d – длина всего интервала, h – разрешение спектрального анализа.

Спектр вычисляется в диапазоне частот от нуля до частоты дискретизации с помощью следующей пользовательской функции:

$$fv[n_] := Table[i / (n-1) fs, \{i, 1, n-1\}].$$

Под скалограммой будем представлять двумерное описание одномерного сигнала, представляющее собой оценку локального спектра энергии как двумерной функции от абсолютного значения коэффициентов вейвлет-преобразования.

Результат использования функции *WaveletScalogram* представлен на рис. 2, а. Данная функция строит представление коэффициентов вейвлет-преобразования. Недостатком такого представления является сложность определения периода компонент сигнала. По рисунку видно, что периода три.

Для устранения этого недостатка используем разработанную модифицированную скалограмму. Для ее нахождения вначале определяем коэффициент вейвлет-преобразования как функцию от параметров a , b следующим образом:

$$W[a_-, b_-] := 1./a^{(1/2)} \text{ Sum}[fi[(i-b)/a] dt[\{i\}], \{i, 1, n\}],$$

задаем массив коэффициентов для некоторого диапазона значений исходных параметров:

```
w=Flatten[Table[{a,b,W[a,b]//Chop},{a,1,n},{b,1,n}],1].
```

Затем строим контурное распределение:

```
ListContourPlot[w].
```

Результат выполнения этих команд представлен на рис. 2, б.

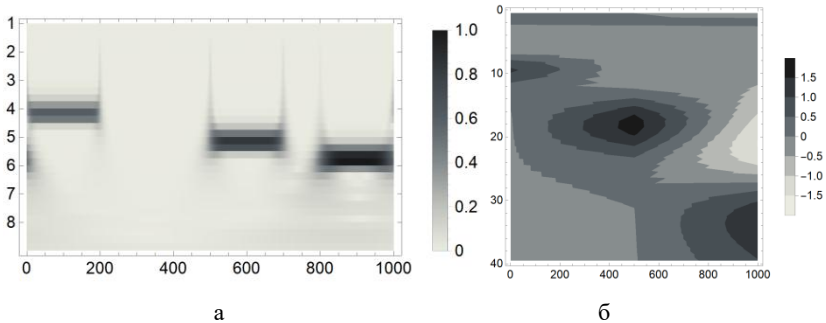


Рис. 2. Скалограмма сигнала, полученная с помощью встроенной функции (а), и модифицированная скалограмма (б)

Полученный спектр позволяет оценить значение частоты сигнала. Видно, что периодами для данных компонент исходного сигнала являются значения 10, 20 и 30.

Для затухающей косинусоиды скалограммы представлены на рис. 3:

```
f[t_]:=Exp[-((t-ns/2)/200.)^2]Cos[2(Pi/10)t].
```

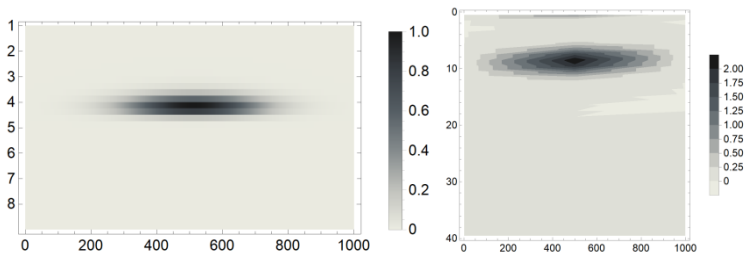


Рис. 3. Скалограмма сигнала, полученная для затухающей косинусоиды с помощью встроенной функции (а), и модифицированная скалограмма (б)

Результаты и обсуждение

При использовании модифицированной скалограммы появляется возможность определения по графику периода входящих в сигнал компонент и определения значения параметров, при которых коэффициенты вейвлет-преобразования достигают наибольшего значения.

Выводы

Для спектрального анализа в системе *Mathematica* рекомендуется использование сочетания двух подходов (использование стандартной встроенной функции для определения локализации импульса) и модифицированной скалограммы (для определения периодов составляющих компонент). Также скалограмма позволяет определить основные частоты, наиболее всего участвующие в образовании исследуемого сигнала. Модифицированная скалограмма может использоваться в задачах распознавания радиосигналов и может применяться в реальных условиях его приема при наличии шумов и помех. Результатом спектрального анализа с применением подобной скалограммы является повышение контрастности признаков распознавания сигналов с учетом оптимального выбора вейвлета, который применяется для построения скалограммы.

Список литературы

1. Запругаев, С. А. Анализ и распознавание речевых сигналов на основе вейвлет-преобразований / С. А. Запругаев, А. А. Коновалов // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2009. – № 2. – С. 313–316.
2. Журилова, О. Е. Помехоустойчивое кодирование в современных формах связи / О. Е. Журилова, А. В. Башкирова, С. Ю. Белецкая, С. Н. Панычев, А. С. Костюков // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2019. – Т. 15, № 2. – С. 128–131.
3. Круглова, Т. Н. Оценка эффективности различных методов анализа временных диагностических сигналов / Т. Н. Круглова, Д. Н. Шурыгин, Д. А. Литвин, С. А. Тарковалин, А. С. Власов, С. И. Рыженков, В. В. Ардебашев // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 8–2. – С. 237–241.
4. Частикова, В. А. Идентификация изображений радужных оболочек глаз на основе спектрального анализа методами вейвлет-преобразования и преобразования Фурье / В. А. Частикова, В. В. Сотников, С. В. Зиновьева, А. А. Шелудько // Научные труды КубГТУ. – 2016. – № 2. – С. 341–347.
5. Рублёв, Д. П. Метод стеганографического встраивания сообщений в аудиоданные на основе вейвлет-преобразования / Д. П. Рублёв, О. Б. Макаревич, В. М. Федоров // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2009. – Т. 100, № 11. – С. 199–206.

6. Лебедев, А. А. Использование алгоритма быстрого преобразования Фурье для преобразования данных аудиофайла при разработке ритм игры / А. А. Лебедев, Е. В. Трофименко // Актуальные проблемы прикладной математики, информатики и механики : сб. тр. Междунар. науч.-техн. конф. (Воронеж, 12–15 сент. 2016 г.). – Воронеж : Научно-исследовательские публикации, 2016. – С. 82–85.

7. Гундин, А. А. Обработка цифровых изображений при дефектоскопии поверхностей промышленных объектов / А. А. Гундин, М. А. Гундина, А. Н. Чешкин // Наука и техника. – 2016. – № 3. – С. 225–232.

8. Гундина, М. А. Использование сферических гармоник для исследования радиоизлучений // Веснік Віцебскага дзяржаўнага ўніверсітэта. – 2019. – № 1 (102). – С. 11–16. – URL: <https://lib.vsu.by/jspui/handle/123456789/18079> (дата обращения: 30.10.2020).

M. A. Hundzina, CSc in phys. and math., associate professor

E-mail: hundzina@bntu.by

P. I. Shirvel, CSc in phys. and math., associate professor

E-mail: pavel.shirvel@bntu.by

Belarusian National Technical University, Minsk

Signal Scalogram in Mathematica

The purpose of this paper is spectrum analysis of sound signals, creation of scalogram using Morlet wavelet, modification of scalogram to obtain a more informative graphic representation. The scale for the value of the amplitude of the signal depending on the time and period of its component components is introduced on the scalogram. A modification of the presentation of the scalogram of the original signal for determination of the period of the component components is developed.

Keywords: spectrum analysis, Wolfram Mathematica, scalogram.