Методы вейвлет-анализа в задаче делинеации сигнала

Твердохлеб Юлия Владимировна

Аспирант

Запорожский национальный технический университет, Факультет компьютерных наук и технологий, Запорожье, Украина

E-mail: julia.tverdohleb@gmail.com

Одной из задач, эффективное решение которой широко востребовано в цифровой обработке сигналов, является разложение исходного сигнала сложной формы на составляющие, требование к которым определяется исходя из прикладной задачи. Существует множество подходов к решению данной проблемы. Многие из них основываются на использовании заранее известных предположений относительно обрабатываемого сигнала [1]. Так, например, широко используется подход, когда точно известно количество пиков в сигнале, их форма и примерно известно их расположение. Алгоритм в этом случае работает следующим образом: синтезируется искусственный сигнал, содержащий требуемое количество пиков, расположенных в местах, где предположительно находятся пики исследуемого сигнала. Затем вычисляется разница между искусственным сигналом (моделью) и реальным сигналом. Далее, на основе данных по разности значений модели и реального сигнала, система корректирует параметры пиков модели (ширину, высоту, расположение, коэффициенты несимметричности формы и т.д.) в сторону уменьшения сигнала ошибки и вновь повторяет сравнение. В итоге система приходит в стационарное состояние, когда параметры модели от шага к шагу не изменяются и разница между моделью и реальным сигналом составляет неизменную величину. Недостаток этого метода состоит в том, что он имеет вероятностный характер получения адекватной модели. Другой подход к решению данной задачи, который пользуется большой популярностью в последнее время, основан на применении вейвлет-преобразования [2]. Этот подход привлекателен тем, что вейвлет-преобразование является математически точным (при соответствующем порядке вейвлет-дерева) способом разделить сигнал на совокупность базисных функций, положенных в основу вейвлет-преобразования. В отличие от преобразования Фурье, где разложение происходит на бесконечные во времени, но строго локализованные по частоте синусоидальные компоненты, базисными функциями вейвлет-преобразования являются функции, имеющие определенную локализацию как по частоте, так и по времени. Это позволяет подобрать базисную функцию таким образом, чтобы она максимально совпадала с искомыми компонентами, на которые требуется разложить сигнал, и результатом разложения в таком случае станет модель сигнала как композиция искомых компонентов. Процедура выделения компонент заключается в определении уровня вейвет-декомпозиции при минимизации сумарной энтропии обоих компонент сигнала. При этом введем правило: первою компоненту сигнала можно получить, если выполнить вейвлет-преобразование сигнала на определенном уровне, оставив коэффициенты аппроксимации неизменными и обнулив коэффициенты детализации; вторую компоненту сигнала можно получить вычитая первую компоненту из общего сигнала. Также на каждом из уровней вейвлет-декомпозиции вычислим суммарную энтропию первой и второй компонент. Можно предположить, что «переломная точка» отображает наиболее неустойчивое состояние системы, в котором возможно выделение компонент. Согласно теории К. Шеннона, прирост информации равен утраченной неопределённости системы [3-4], поэтому на этом уровне декомпозиции остановился прирост информации. Система перешла в абсолютно неустойчивое состояние. Из вышеперечисленного можно сделать следующий вывод: выделение компонент сигнала можно выполнить на уровне декомпозиции с минимальным значением суммарной энтропии обоих компонент [5]. В результате проведения исследовательской работы получены следующие выводы: исследовано поведение энергии и энтропии сигнала на этапах его декомпозиции; модифицирован метод Кофмана для задачи выделения компонент сигнала; впервые предложен метод разделения сигнала на компоненты на основе вейвлет-декомпозиции и теории информации; разработана процедура выделения компонент сигнала

Литература

1. Гольденберг Л. М. Цифровая обработка сигналов: справочник. М.: Радио и связь, 1985.

2. Астафьева Н. М. Вейвлет-анализ: Основы теории и примеры применения // Успехи физических наук. 1996. Т. 166, № 11. С. 1145–1170.

3. Coifman R. R. Entropy-based algorithms for best basis selection // IEEE Trans. on Inf. Theory. 1992. Vol. 38, № 2. P. 713-718.

4. Чумак О. В. Энтропии и фракталы в анализе данных. Ижевск:

НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2011.

Дубровин В. И., Твердохлеб Ю. В. Исследование изменений энтропии и энергии на этапах декомпозиции сигнала // Радиоэлектроника. Информатика. Управление. 2013. Т. 29, № 2. С. 54-58.