

С.Г. Чумаров, С.Ю. Серейкин

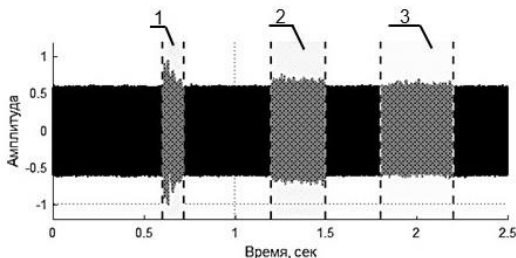
Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова,  
г. Чебоксары

**Ключевые слова:** радиомониторинг, вейвлет-преобразование, искажения FM-сигнала.

Для радиомониторинга FM-радиосигнала распространены методы: вейвлет-преобразования (ВП), быстрое преобразование Фурье (БПФ) и др. БПФ хорошо зарекомендовал себя для стационарных сигналов [1,2]. Преимущество БПФ – высокая вычислительная эффективность и простота интерпретации результатов в частотной области; недостаток – неспособность анализировать нестационарные процессы.

Перспективным направлением является использование ВП [3]: дискретное ВП (DWT) и непрерывное ВП (CWT). DWT работает с дискретным набором масштабов, что значительно снижает вычислительную сложность и объем данных, делая его пригодным для систем реального времени [4]. Преимуществом CWT является точная локализацию нестационарных искажений, предоставляет более детализированное и непрерывное представление скейлограммы. Это делает CWT идеальным инструментом для мониторинга эфира и диагностики передатчиков.

Целью работы является исследование методов радиомониторинга эфира для обнаружения и анализа искажений FM-сигналов. В работе в MATLAB с помощью CWT исследовались три типа аномалий: метеоритный след, цифровой шум и битые RDS-данные. Данные аномалии представляют наиболее распространенные технические неисправности в радиопередающем оборудовании, имеют различную физическую природу и по-разному проявляются во временно-частотной области, что позволяет продемонстрировать универсальность вейвлет-анализа. На рис. 1 представлена осциллограмма зашумленного FM-сигнала.



1 – метеоритный след; 2 – цифровой шум; 3 – RDS-артефакты

Рисунок 1 – FM-сигнал с тремя типами помех

Визуальный анализ позволяет идентифицировать области присутствия помех, однако не дает информации об их природе и спектральных характеристиках. Чистый сигнал демонстрирует регулярную структуру с постоянной амплитудой и частотой модуляции. Зашумленная реализация характеризуется наличием трех четко выраженных аномальных зон.

Картина исследуемых процессов предоставляется трехмерной визуализацией вейвлет-коэффициентов (рисунок 2). В координатах «время-частота-амплитуда» каждая помеха приобретает уникальную морфологию. Это позволяет количественно оценить энергию каждой помехи путем интегрирования объема под поверхностью в соответствующих временных и частотных пределах.

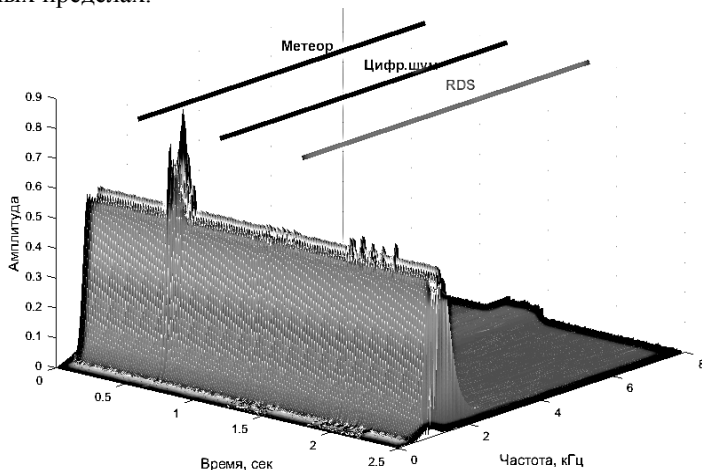


Рисунок 2 – 3D Вейвлет-скейлограмма

Применение CWT для мониторинга FM-сигналов является высокоэффективным и перспективным подходом. Вейвлет-анализ позволил не только обнаружить все три типа смоделированных аномалий, но и точно идентифицировать их характерные особенности во временно-частотной области. Особенно важным результатом является способность ВП обнаруживать слабые и кратковременные аномалии, которые остаются незамеченными при использовании традиционных методов спектрального анализа. При использовании CWT в частотной области [5,6] значительно уменьшается время [7] и увеличивается скорость [8] обработки изображения.

#### Список использованных источников

1. Viliam Ďuriš, Vladimir I. Semenov, Sergey G. Chumarov. Application of discrete and fast Fourier transforms to increase the speed of multiscale image analysis. TEM Journal, 2024, 13(1), 349-354.
2. Ďuriš V., Semenov V. I., Chumarov S. G. Application of continuous fast wavelet transform for signal processing. 1st. ed., London: Sciemcee Publishing, 2021, 181 p., ISBN 978-1-9993071-9-6.

3. Чумаров С.Г., Лысов П.С. Сравнительный анализ алгоритмов сжатия аудиоданных с помощью вейвлет-функций // Нигматуллинские чтения: сб. докл. Междунар. науч. конф. Казань, 2023. С. 172-174.

4. Đuriš V., Semenov V. I., Chumarov S. G. Wavelet transform of signals with VBA applications. Ste-Con: Karlsruhe, GmbH, Germany, 2022, 1st. ed., 203 p.

5. Чумаров С.Г., Семенов В.И., Сас Д.Д. Улучшение точности реконструкции изображений с применением вейвлет-преобразования в частотной области // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2025. Т. 81. № 2. С. 102-109.

6. Семенов В.И., Чумаров С.Г. От конструирования вейвлетов на основе производных функции Гаусса к синтезу фильтров с конечной импульсной характеристикой // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2024. Т. 24, № 2. С. 306–313.

7. Семенов В.И., Чумаров С.Г. Уменьшение времени обратного вейвлет-преобразования изображения с применением симметричного ортогонального вейвлета. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2023664790. 07.07.2023.

8. Đuriš V., Chumarov S.G., Semenov V.I. Increasing the speed of multiscale signal analysis in the frequency domain. Electronics 2023, 12, 745.

Чумаров Сергей Геннадьевич, к.т.н., доцент, зав. каф. радиотехники и радиотехнических систем, chumarov@chuvsu.ru.

Серейкин Сергей Юрьевич, студ. магистратуры каф. радиотехники и радиотехнических систем, sereykin3@gmail.com.

УДК 621.391:53.08

## **МЕТОДИКА СИНТЕЗА РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ВООРУЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ**

А.Е.Комаров, С.В.Буцев

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Центральный научно-исследовательский институт Воздушно-космических сил»  
Министерства обороны Российской Федерации, г. Тверь

В системе иностранных технических разведок (ИТР) важная роль принадлежит средствам оптико-электронной разведки (ОЭР), добывающим разведывательные данные в виде изображений, и являющихся наиболее информативным видом разведок. Одним из методов предварительной оценки возможностей средств ОЭР противника по вскрытию демаскирующих признаков охраняемых сведений вооружения является синтез и последующий анализ разведывательных изображений вооружения с использованием компьютерной графики, позволяющий моделировать изображения, адекватные по информативности изображениям, получаемым средствами ОЭР противника.

В качестве исходных данных в методике используются: характеристики аппаратуры разведки  $R$  (линейное разрешение на местности  $\Delta L_m$ , фокусное расстояние оптической системы  $F_{o.c.}$ , радиус