

УДК 004.622

**ПОДХОД К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ WAVELET-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В
БАЗИСЕ ХААРА ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ПОДСТИЛАЮЩИХ
ПОВЕРХНОСТЕЙ**

Тимофеева С. А., студент гр. ИВМ-25, I курс

Научный руководитель: Гусаров А. В., канд. техн. наук, доцент

Рыбинский государственный авиационный технический университет
имени П. А. Соловьёва, г. Рыбинск

В различных применениях бывает важно знать тип подстилающей поверхности, находящейся под летательным аппаратом (ЛА). Зная тип поверхности, система может автономно принимать решения о том или ином действии. Свойства различных отражённых поверхностей вносят погрешность в измерение параметров ДИСС [1].

При вычислении координат с целью компенсации этой погрешности для каждого типа отражающей поверхности вводятся соответствующие поправки. При полёте на значительной высоте все типы отражающей поверхности суши различаются незначительно, поправки считают равновероятными. Поэтому обычно вводятся две поправки – для суши и для моря. При этом пилот ЛА сам вынужден вводить поправки, переводя переключатель «Суша – Море» в нужное положение. На низкой высоте полёта ЛА отражённые от разных типов поверхности суши сигналы будут отличаться, что позволит их классифицировать.

Поскольку все типы поверхности обладают различными свойствами, отражённый от них сигнал также будет отличаться. Ранее мной были проанализировано спектральное представление сигналов, отражённых от различных поверхностей [2]. Мной были рассмотрены сигналы, отражённые от типа поверхности «Пашня» и «Город». В результате анализа было доказано, что сигналы близких по типу поверхностей суши различаются, однако содержат множество шумов, которые необходимо устранить. Устранение шумов позволит более чётко определить структуру аналогового сигнала. Различные эффекты, отличающие сигналы поверхностей друг от друга возможно усилить путём *Wavelet*-преобразования [3].

Результатом *Wavelet*-преобразования являются *Wavelet* -коэффициенты. Существуют интегральные a_i и дифференциальные d_i коэффициенты [4]. Интегральные коэффициенты представляют собой полусумму (среднее значение) двух соседних отсчётов сигнала, тогда для сигнала S :

$$a_i = \frac{s_{2i} + s_{2i+1}}{2}$$

Дифференциальные коэффициенты являются полуразностью (из текущего вычитается следующее) двух соседних значений сигнала, тогда для сигнала S :

$$d_i = \frac{s_{2i} - s_{2i+1}}{2}$$

Вычисление *Wavelet*-коэффициентов позволяет на каждом уровне уменьшить число отсчётов вдвое. На последнем уровне сигнал представляет собой всего одно значение. Вычисление и анализ *Wavelet*-коэффициентов позволяет выделять информацию на разных уровнях детализации и аппроксимации [5].

При этом дифференциальные коэффициенты позволяют детализировать сигнал, увидеть в нём всплески активности и пики, характерные тому или иному типу подстилающей поверхности. Интегральные коэффициенты являются аппроксимирующими и позволяют сгладить сигнал, упуская резкие (аномальные) выбросы значений, которые, как правило, являются шумом. Часто эти коэффициенты используют как взаимодополняющие друг друга представления сигнала.

Это преобразование было предложено в 1909 году Альфредом Хааром и носит его имя – преобразование Хаара.

Была реализована программа, позволяющая вычислить дифференциальные и интегральные коэффициенты, а также построить графики, содержащие *Wavelet*-представление сигнала.

Для анализа при помощи *Wavelet*-представления были использованы 2 сигнала: $S1$ – сигнал, отражённый от поверхности суши (рисунок 1) и $S2$ – сигнал, отражённый от поверхности моря (рисунок 2). Сигналы содержат 1024 отсчёта.

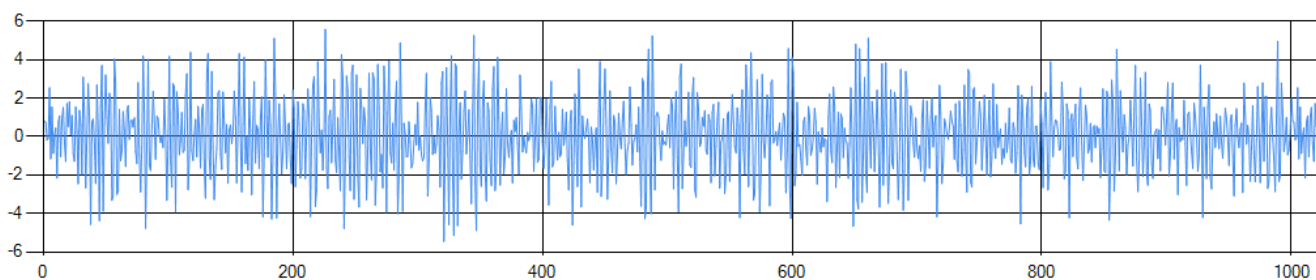


Рисунок 1 – Исходный сигнал $S1$ (1024 отсчёта)

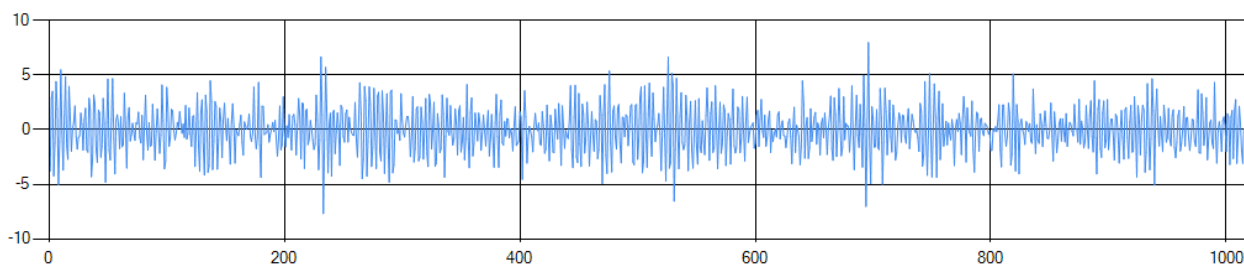


Рисунок 2 – Исходный сигнал $S2$ (1024 отсчёта)

Как видно из представлений исходных сигналов, график сигнала, отражённого от моря, более ровный, поскольку сама поверхность не содержит большого количества объектов (деревья, здания и т. д.).

Визуально анализировать сигналы, содержащие большое количество отсчётов достаточно проблематично, поэтому количество отсчётов целесообразно сократить. Далее на рисунках 3 и 4 представлены графики исходных сигналов $S1$ и $S2$, содержащие по 128 отсчётов.

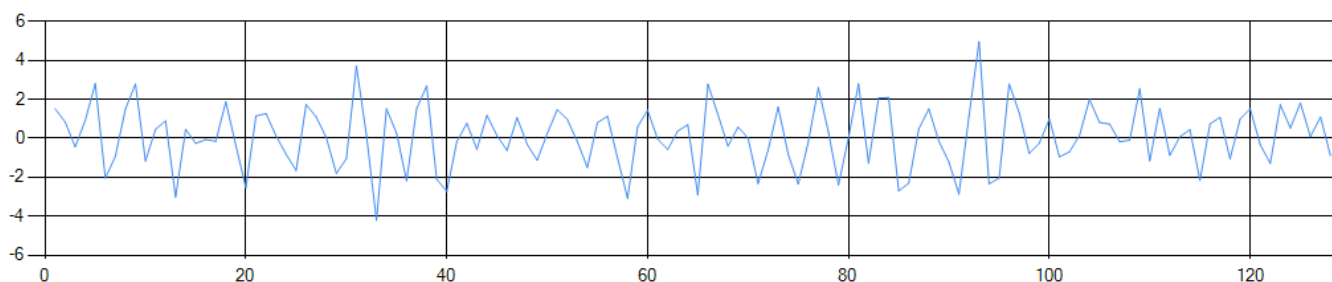


Рисунок 3 – Исходный сигнал $S1$ (128 отсчётов)

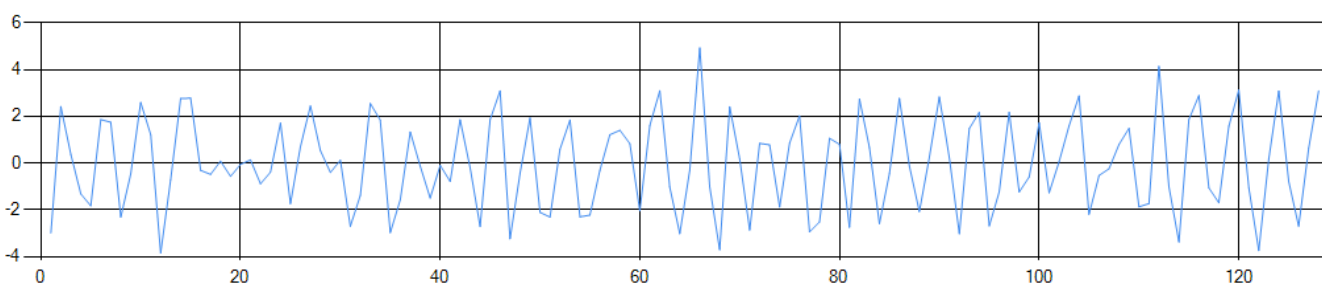


Рисунок 4 – Исходный сигнал $S2$ (128 отсчётов)

На рисунках 5 и 6 представлены результаты детализации (определение дифференциальных коэффициентов) сигналов в базисе Хаара, а на рисунках 7 и 8 – результаты аппроксимации (определение интегральных коэффициентов) этих сигналов. Поскольку количество отсчётов сигнала 128, уровней детализации и аппроксимации будет 7. Представления дифференциальных коэффициентов обозначаются на графике « d -коэф. i -го уровня», а представления интегральных коэффициентов « w -коэф. i -го уровня», где i – это уровень представления.

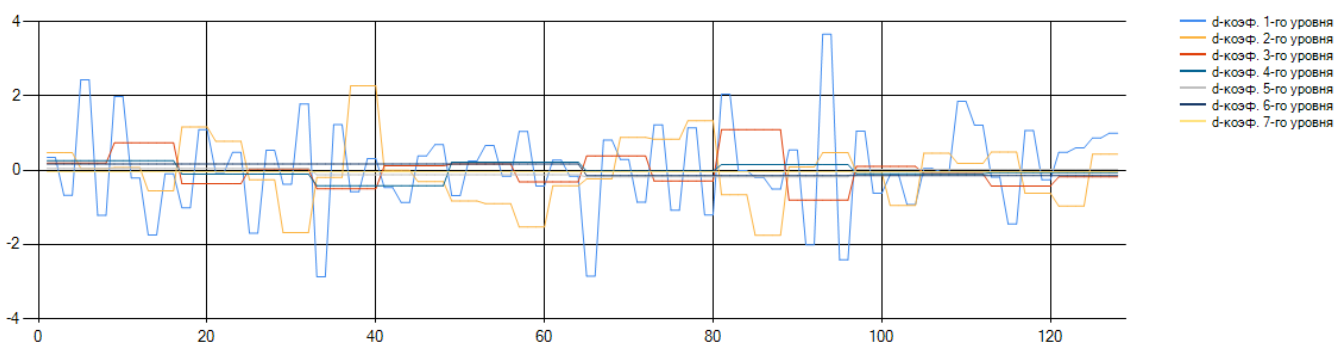


Рисунок 5 – Результат детализации сигнала $S1$

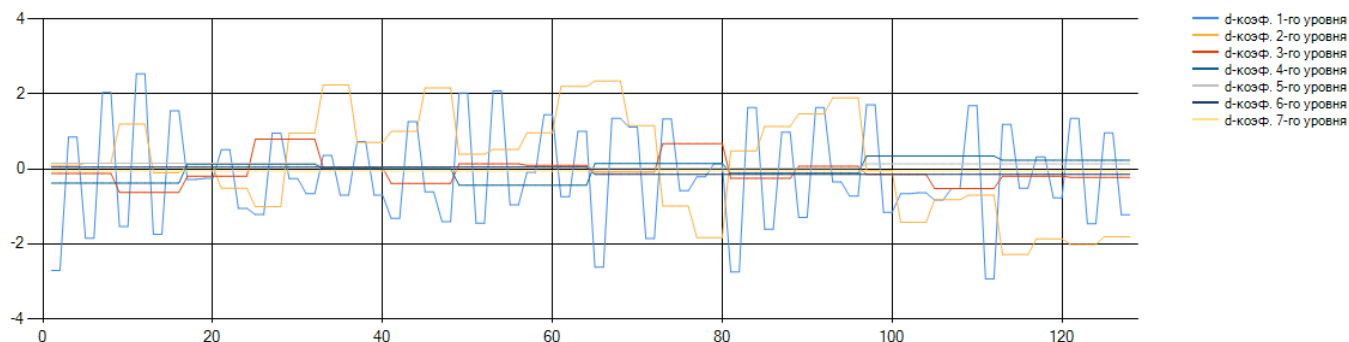


Рисунок 6 – Результат детализации сигнала S_2

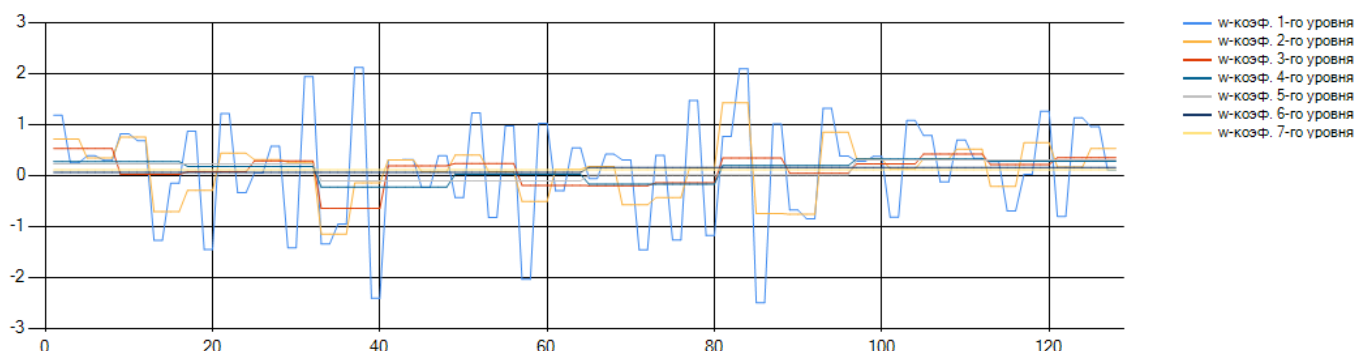


Рисунок 7 – Результат аппроксимации сигнала S_1

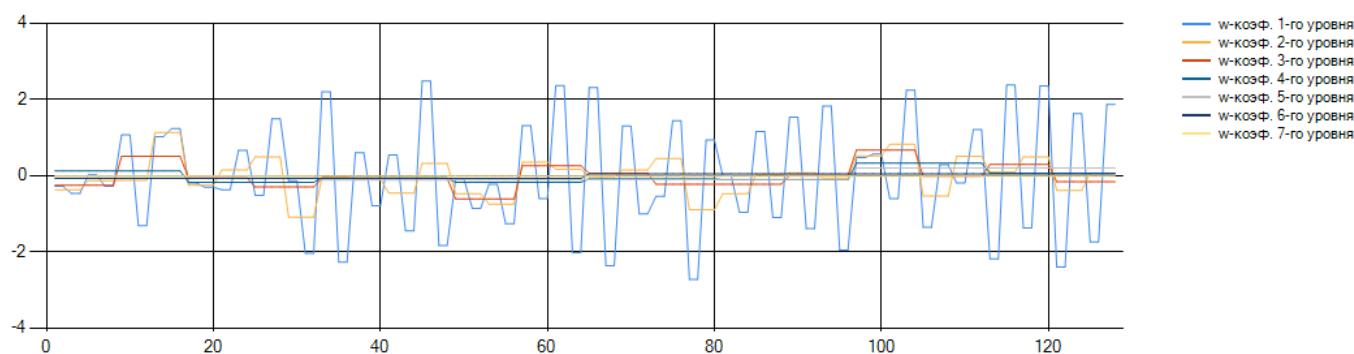


Рисунок 8 – Результат аппроксимации сигнала S_2

Из результатов детализации видно, что сигнал, отражённый от суши действительно имеет довольно много пиков и провалов. Особенно это заметно на втором уровне детализации. Аппроксимация же даёт понять периодичность этих изменений как на сигнале, отражённом от суши, так и на сигнале, отражённом от моря.

Таким образом, показана возможность применения *Wavelet*-преобразования и его эффективность для классификации типов подстилающей поверхности. Для дальнейшей работы над распознаванием типов поверхности возможно использовать дифференциальные и интегральные коэффициенты различных уровней представления в качестве признаков, а также определить их информативность.

Список литературы:

1. Колчинский В. Е., Мандуровский И. А., Константиновский М. И. Автономные доплеровские устройства и системы навигации летательных аппаратов. Под ред. В. Е. Колчинского. М., «Сов. радио», 1975, 432 с.
2. Ефимов Е. А., Коломиец Л. В. Спектральное представление функций (сигналов) : Учебное пособие / Самар. гос. аэрокосм. ун-т. Самара, 2006. 36 с.
3. И. М. Дремин, О. В. Иванов, В. А. Нечитайло. Вейвлеты и их использование. – Успехи физических наук, том 171, № 5. 2001.
4. Н. М. Астафьева. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения. – Успехи физических наук. Том 166, № 11. – 1996 г.
5. Грызлова Т. П. Комплексирование алгоритмов Wavelet и HW-анализа (анализа полуволн) цифровых диагностических сигналов // Материалы 22-й Международной конференции «Цифровая обработка сигналов и ее применение DSPA-2020», Москва, Том 1. 2020 г.