

УДК 621.371.39

## АНАЛИЗ БАЗОВЫХ АЛГОРИТМОВ ФИЛЬТРАЦИИ СПЕКЛ – ШУМА

А.О. СТАНОВОЙ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. В.Ф. ЯНУШКЕВИЧ)

Представлен анализ фильтрации спекл-шума. В ходе многолетней эксплуатации космических РСА и практического использования материалов радиолокационной съемки подтверждена правильность подходов к проблеме фильтрации спекл – шума, получена сравнительная оценка этих алгоритмов и заложена база для разработки новых алгоритмов с использованием современных вычислительных методов обработки радиолокационной информации РСА нового поколения.

Широкое применение алгоритмов фильтрации спекл – шума относится к 1980 – 1990 гг. Основная цель, решаемая при фильтрации спекл – шума – повышение точности измерения удельная эффективная площадь рассеяния пространственно распределительных объектов с сохранением информации, содержащейся в текстурных признаках, характеризующих отраженный сигнал, гистограмма его распределения, включая возможность поляриметрической обработки. В публикации последних лет рассмотрены пути применения методов вейвлет-фильтрации, фрактального анализа, нейронных сетей [1].

Разработка математического аппарата адаптивной фильтрации спекл – шума основана на моделях, аппроксимирующих законы распределения отраженного сигнала от наблюдаемой поверхности в зависимости от ее характера: распределения Рэлея Вейбулла, К-распределение. В ряде случаев используют непараметрический подход, не требующий точного знания закона распределения [2].

Наиболее часто для аналитического описания исходного РЛИ рассматривают ряд моделей взаимодействия сигнала и шума. Самая простая из них – модель мультипликативного шума

$$U(x, y) = S(x, y)n(x, y) \quad (1)$$

где  $x, y$  – координаты пикселя на РЛИ;  $S(x, y)$  – стационарная составляющая (текстура), значение которой может быть найдено при усреднении сигналов по ансамблю;  $n(x, y)$  – случайная составляющая, не зависящая от сигнала и определяемая мгновенным распределением фаз элементарных отражателей в элементе разрешения при конкретном ракурсе и углу места наблюдения.

Следующая по сложности – это модель аддитивного шума, модулируемого сигналом

$$U(x, y) = S(x, y) + f\{S(x, y)\}n(x, y) \quad (2)$$

где  $f\{S(x, y)\}$  в общем случае, нелинейная функция.

Модификация модели (1) для описания нестационарных РЛИ – мультипликативная модель с аддитивным средним

$$U(x, y) = S(x, y) + [q + r(x, y)] \quad (3)$$

где  $q$  – среднее значение помехи;  $r(x, y)$  – стационарный эргодический процесс с нулевым средним.

Как показывается анализ материалов радиолокационной съемки с получением РЛИ, значительно отличающихся по пространственному разрешению – от единиц метров, во многих случаях достаточно применение простейшей модели (1).

Локальные адаптивные фильтры основаны на формировании локальных статистик относительно центрального пикселя в окне обработки и принятии решения о выборе формулы для расчета центрального элемента. Алгоритм ЛИ исходит из мультипликативной модели спекл – шума (1). Выходной отчет ЭРЛИ в центральном пикселе окна  $W$  вычисляются по формуле

$$E_N = E_K W + E_W (1 - W) \quad (4)$$

где  $E_K$  – отсчет ЭРЛИ в центральном пикселе окна  $k = (m, n)$ ;  $E_W = \text{mean}\{E_K\}_W$  – среднее значение отсчетов по окну с центром в  $k$ ;  $W = 1 - ENL/N$  – весовая функция.

В результате имеем

$$E_N = E_K \left(1 - \frac{ENL}{N}\right) + E_W \frac{ENL}{N} \quad (5)$$

Таким образом, когда попадающий в окно участок местности однороден  $ENL \geq N$ , фильтр ЛИ работает как простой сглаживающий фильтр. В противном случае он вычисляет взвешенную сумму ре-

ального значение и среднего значения в соответствии с (4). Условие  $ENL \geq N$  является критерием однородной поверхности.

Фильтр Куана предполагает преобразование мультипликативного шума к аддитивной модели, зависящей от сигнала  $U(x,y)$  (2). К этой модели применяют критерий минимума среднеквадратичной ошибки. Формула для вычисления выходных отсчетов совпадает с алгоритмом ЛИ (4), но весовая функция имеет отличие

$$W = 1 - ENL/(N + 1) \quad (6)$$

В результате, для однородной поверхности, когда  $ENL \approx N$ , в каждом пикселе выходного РЛИ имеем полусумму отсчетов исходного РЛИ в данном пикселе и усредненного значения по окну. Если неравномерность отсчетов по окну велика, то в выходные РЛИ записывают значения исходного РЛИ [3].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Радиолокационные системы землеобзора космического базирования / под ред. В.С. Вербы. – М. : Радиотехника, 2010. – 680 с. : ил.
2. Белокуров, А.А. Методы сглаживания спекл – шума на радиолокационных изображениях земной поверхности / А.А. Белокуров // Зарубежная радиоэлектроника. – 1990. – №6. – С. 26–35.
3. Арманд, Н.А. Современные спутниковые РСА системы для дистанционного зондирования земли: Достижения и перспективы / Н.А. Арманд, А.И. Захаров // Труды конференции по ДЗЗ. – Муром, 2003.