

**КОМБИНИРОВАННАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ РАДАРОВ С СИНТЕЗИРОВАННОЙ АПЕРТУРОЙ**

Бехтин Ю.С., Брянцев А.А.

Рязанская государственная радиотехническая академия, Россия, г.Рязань

Для изображений, полученных с помощью радаров с синтезированной апертурой (РСА-изображения), характерна проблема спекл-шума (speckle), который считается мультипликативным с экспоненциальной плотностью распределения вероятности его интенсивности [1]. Однако анализ РСА-изображений показывает, что спекл-шум является зависящим от текстуры облучаемой поверхности, т.е. можно выделить участки с различной степенью интенсивности (developed) спекл-шума. Кроме того, на различных участках РСА-изображения плотность распределения вероятности спекл-шума отличается от теоретической [1]; например, в литературе описаны случаи гамма-распределения,  $K$ -распределения [2].

Большинство известных методов фильтрации, применяемых для обработки РСА-изображений (например, медианная фильтрация, адаптивная фильтрация (фильтры Ли, Куана, Арсено и т.п.), фильтр Винера-Хопфа, фильтрация на основе вейвлет-преобразований), предполагают обработку зашумленного изображения целиком, без предварительного анализа характера изображения, его текстуры, содержащихся объектов. Кроме того, значительная доля алгоритмов фильтрации ориентированы на случай гауссовского (белого) шума, поскольку были математически (аналитически) получены при таком допущении. Очевидно, применение любых подобных алгоритмов фильтрации неизбежно приводит к неудовлетворительному результату. Таким образом, возникает необходимость разработки комбинированного подхода к фильтрации РСА-изображений, который учитывал бы вид текстуры и закон распределения спекл-шума.

Для решения поставленной задачи было проведено имитационное моделирование на ЭВМ с целью выявления эффективности обработки изображений, искаженных спекл-шумом, вышеуказанными алгоритмами. На первом этапе исследований был получен алгоритм для обнаружения участков изображения с определенным типом текстуры при действии шума, который использует коэффициенты вариации, вычисляемые в пределах локальных окон. Затем для каждого найденного таким образом сегмента выдвигалась и проверялась гипотеза по критерию  $\chi^2$  о виде закона распределения спекл-шума. В эксперименте использовались нормальное, экспоненциальное распределение, гамма-распределение и  $K$ -распределение. После определения вида закона распределения оценивались его параметры, а также находились оценки математического ожидания и дисперсии шума в каждом сегменте. Для различных комбинаций вышеуказанных параметров, т.е. параметров вида текстуры и шума определялись алгоритмы фильтрации, обеспечивающие наибольшую эффективность в смысле пикового отношения сигнал/шум и минимума величины среднеквадратической ошибки оценивания. Таким образом, в результате проведенных экспериментов была составлена база данных, таблицы которой содержат числовые параметры алгоритмов фильтрации, соответствующих различным комбинациям параметров текстур и шума. Собственно алгоритм фильтрации заключается в анализе текстуры РСА-изображения и оценивании параметров найденного закона распределения спекл-шума, по которым из таблиц выбирается соответствующий метод обработки.

Данный подход был апробирован как на ряде смоделированных, так и оригинальных РСА-изображений. Сравнение проводилось с теми же алгоритмами фильтрации, но применяемыми ко всему изображению. Результаты экспериментов показали почти идеальное восстановление изображения как визуально, так и численно по вышеуказанным критериям.

**Литература**

1. Goodman J.W. Some Fundamental Properties of Speckle // J. Opt. Soc. Am., Vol.66. No.11.P. 1145-1150, 1976.
2. Kenneth R. Castleman, "Digital Image Processing", Prentice-Hall, 1996.

**TEXTURE-AND-SPECKLE-PDF-BASED FILTERING OF SAR IMAGES**

Bekhtin Yu., Bryantsev A.

Ryazan State Radioengineering Academy, Ryazan, Russia

The speckle problem is considering in synthetic aperture radar (SAR) imagery for long time, so speckle reduction techniques can be applied here for noise smoothing. Goodman [1] showed that such noise in general may be considered as multiplicative noise (speckle phenomena) with negative exponential probability density function (pdf) of the image intensity. Nevertheless, our detailed analysis has discovered that speckle is a content-dependent or texture-dependent random process. Hence, we can segment any SAR image with different developed speckle-noise. Moreover, each segment may have the speckle noise pdf that can differ from theoretical pdf, for example, there are known the cases of Gamma- and  $K$ -distributions [2].

The most well-known filtering methods and algorithms for speckle de-noising is assumed to process the whole SAR image, without preliminary texture and noise analysis. Moreover, these algorithms are effective in the case of Gaussian pdf of noise only because they have been analytically (mathematically) gained under this assumption. Thus, it is necessary to work-out a method which combines different known methods and takes into consideration the kind of texture and the pdf of speckle-noise in each segment.

To solve this task we used computer imitation modeling to discover the effectiveness for few algorithms applied to SAR image processing. We used the next algorithms: mean and median estimators, Wiener filter, adaptive local window smoothing on the base of Lee filter, Kuan filter, MAP-filter, wavelet-based thresholding with Daubechi filters. Firstly, we have created the segmentation algorithm detecting segments of image with different types of texture (homogeneous, heterogeneous, point sources, noised points, relative clear points) working in the speckle noise presence. The algorithm is based on comparing the variation coefficients calculated in different-sized windows. Secondly, for each segment the hypothesis about the kind of pdf is checked by  $\chi^2$ -statistics of histograms. We used normal (Gaussian), exponential, Gamma- and K- distributions. Then, the estimators of mean and variance are computed on the base of pdf parameters. Using the different combinations of calculated parameters we could determine algorithms and its parameters that are effective under any combination. We used criteria of minimal square error (MSE) and peak signal-to-noise ratio (PSNR). In the results, it was created the database the tables of which content the numerical parameters of filtering algorithms for different combinations of texture and speckle pdf. The filtering algorithm consists of three steps: 1) texture analysis of SAR image and segmentation; 2) to determine the kind of noise pdf and compute its parameters for each segment; 3) to search the most effective filtering algorithm in the database and apply to the segment.

The gained algorithm was tested on a few images including both the modeled and real SAR images. For comparing we used the same filtering algorithms applying to the whole image. The results of experiments are shown that our method provides the better enhancement of SAR images both visually and numerically by using MSE and PSNR criteria.

#### References

1. Goodman J.W. Some Fundamental Properties of Speckle // J.Opt. Soc. Am., Vol.66. No.11.P. 1145-1150, 1976.
2. Kenneth R. Castleman, "Digital Image Processing", Prentice-Hall, 1996.

