

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ОБРАБОТКИ ЗАШУМЛЕННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Бехтин Ю.С.¹, Рычков А.Н.²

¹Рязанская государственная радиотехническая академия

²Московский энергетический институт (ТУ)

В настоящее время существует целый ряд областей науки и техники, где возникает необходимость работы с изображениями, искаженными действием шума с различной физической природой его появления. Тем не менее, абстрагируясь от физики явлений, можно выделить аддитивный и мультипликативный характер шума. Предлагаемый программный комплекс в первую очередь разрабатывался с ориентацией на изображения, искаженные мультипликативным шумом. Отметим некоторые приложения, где встречается мультипликативная природа шума, и где, по мнению разработчиков, программный комплекс мог бы успешно применяться.

Прежде всего, в последнее время возросло количество изображений, полученных с помощью радаров с синтезированной апертурой. Из-за случайных фазовых отклонений отраженного когерентного сигнала от облучаемой поверхности возникает так называемый спекл-шум (*speckle*), который визуально имеет зернистую структуру. Показано, что плотность распределения вероятности такого шума имеет экспоненциальный характер [1].

Другой класс изображений, искаженных мультипликативным шумом, можно обнаружить в системах технического зрения, например, лазерных системах проверки качества продукции. Физическая природа появления мультипликативного шума аналогична предыдущему случаю.

Изображения, получаемые с помощью многоэлементных фотоприемных устройств (ФПУ), обычно искажены т.н. геометрическим шумом, вызванным неоднородностью электрических схем первичной обработки сигналов (технологические причины). В частности [2], появление геометрического шума чувствительности обусловлено отклонением от номинала коэффициентов передачи каналов матричного ФПУ, что можно трактовать как мультипликативный шум. Применение способов статистической обработки является альтернативой традиционному подходу с использованием калибровочного сигнала.

Кроме того, существует ряд других приложений, где действует мультипликативный шум, например фотография, робототехнические комплексы и т.п.

В настоящее время разработано много методов и алгоритмов для подавления шума в изображениях. Целый ряд методов был разработан с использованием вейвлет-преобразований. Однако в большинстве своем данные методы ориентированы на конкретные приложения и не работают для других приложений. Таким образом, актуальность разработки данного программного комплекса обусловлена прежде всего необходимостью дать конечному пользователю некий универсальный инструмент, с помощью которого он мог бы выбрать наиболее подходящий алгоритм обработки своего изображения.

Основу алгоритмической обработки составляют методы, разработанные в [3,4,5]. Главная идея заключается в использовании особенности проявления действия мультипликативного шума для ряда приложений. Зашумленное изображение, например со спекл-шумом, содержит точки, как зашумленные, так и точки относительно "чистые", неискаженные. При стандартной вейвлет-обработке [6], т.е. после порогового отсека вейвлет-коэффициентов и восстановления изображения по новым коэффициентам, "чистые" точки будут искажены, поскольку при фильтрации обрабатываются все точки изображения. При этом может оказаться, что искажения будут больше, чем остаточный шум для зашумленных данных, т.к. величина порога рассчитывается по всему изображению. Тогда есть смысл определить множества зашумленных и неискаженных точек в изображении и затем подобрать величину порога таким образом, чтобы суммарная среднеквадратическая ошибка (СКО) была минимальной. Сохранение "чистых" точек неискаженными (или искаженными в меньшей степени) позволяет уменьшить сглаживание контуров объектов и тем самым повысить четкость (резкость) объектов изображения после обработки.

Программный комплекс, написанный на языке программирования C++, сегодня предлагает пользователю следующие методы обработки.

Загрузка и сохранение изображений возможна в любом из известных форматов, хотя внутренняя обработка идет в формате *BitMap*. Для определения множеств зашумленных и неискаженных данных (расчета коэффициентов вариаций) есть возможность выбора размеров окон. Пользователь может задавать собственные или выбирать стандартные вейвлеты (например, *sym4*, *coif3*, *db4* и т.п.), а также число уровней декомпозиции вейвлет-преобразования и тип пороговой обработки (*soft thresholding* или *hard thresholding*). Для устранения краевых эффектов предусмотрен выбор типа продолжения изображения (например, симметрия, добавление нулей и т.п.).

Обработка изображений возможна несколькими методами. Пользователь может выбрать медианную фильтрацию, фильтр Винера, фильтры Ли (Lee), Фроста (Frost) [7], стандартную пороговую вейвлет-обработку [6]. Из встроенных собственных методов предлагается три алгоритма, основанных на идее, изложенной выше. Первый подход основан на поиске одного, глобального порога для вейвлет-коэффициентов, минимизирующего суммарную СКО для зашумленных и неискаженных точек изображения [3]. Данный метод является близким к стандартному и относительно быстрым. Второй подход предлагает поиск оптимальных пороговых значений в пределах каждого частотного поддиапазона при вейвлет-преобразовании [4]. Третий метод основан на анализе структуры дерева вейвлет-декомпозиции и выбора оптимальной структуры, при этом из рассмотрения удаляются те ветви, где энергия шума максимальна [5].

Комплекс осуществляет ввод данных и вывод результатов с помощью специализированного интерфейса. На экран выводятся исходное и обработанное изображения, где отображаются также численные показатели (исходные параметры обработки, отношение сигнал/шум (дБ), значения СКО, время обработки и т.п.).

Кроме того, для проведения исследований комплекс предоставляет возможность моделировать шум, при этом выбирается вид плотности распределения (равномерный, гауссовский и экспоненциальный) и тип шума (аддитивный или мультипликативный).

Если задачей обработки является сжатие данных изображений, то комплекс предоставляет пользователю SPIHT-метод компрессии. В этом случае результаты сжатия данных (изображение, коэффициенты сжатия) также отображаются на экране компьютера.

Литература

1. J.W.Goodman, "Some Fundamental Properties of Speckle," *J.Opt. Soc. Am.*, Vol.66, No.11, pp. 1145-1150, 1976.
2. Кругликов С.В. Методы и средства подавления структурных помех многоэлементных фотоприемников // Аналитический обзор № 4628 за 1970-1987 гг. М., 1989.
3. Yu.Bekhtin, "Searching an Optimal Wavelet Threshold using Noisy and non-Noisy Data of Images", *Proceedings of SSAB'2001*, Sweden, March, 2001.
4. Yu.Bekhtin, "Optimal Subband Wavelet Thresholding using Noisy and non-Noisy Data of Images", *2nd IEEE Region 8 EURASIP Symposium on Image and Signal Processing and Analysis*, Pula, Croatia, June, 2001.
5. Бехтин Ю.С. Оптимальная wavelet-декомпозиция изображения с использованием зашумленных данных // Тезисы МНТК DSPA'2002, М., 2002.
6. D.L.Donoho, "De-noising by Soft-Thresholding," *IEEE Trans. On Info. Theory*, Vol.41, No.3, pp. 613-627, 1995.
7. Gonzalez R.C. and Woods R.E., "Digital Image Processing", *Addison Wesley*, 1992.



THE WAVELET-BASED SOFTWARE FOR NOISY IMAGE PROCESSING

Bekhtin¹ Yu., Rychkov² A.

¹Ryazan State Radioengineering Academy, Russia
²Moscow Power Institute (Technical University), Russia

The developed software is mainly oriented for de-noising of images corrupted by multiplicative noise. Modern vision systems use microwave illumination techniques (laser) getting images for different aims. Unfortunately, rough surfaces of details and surfaces cause random phase changes in the reflected radiation and the effect is a very noisy mottled appearance. 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. The same problem appears in SAR imagery, so speckle reduction techniques can be applied here for noise smoothing. Also, it's worth to mention that infrared systems, where photoelement and respective channel coefficients of photoreceiver are floating about unity, have multiplicative noise.

There are lots of methods and algorithms based on wavelet transformation of image data using soft or hard thresholding for de-noising. Our software algorithms are based on the idea that each image both contains data which is corrupted by noise and data which is relatively "clear". It's quite possible to find out points where the original signal dominates noise hence these points should be kept at these values. Any wavelet thresholding will add new distortion to these points, because wavelet coefficients are calculated by convolution and adjacent points are involved. Therefore, we can get the situation when the weight of error caused by the "clear" points distortion will dominate over the weight of residual error caused by smoothing at those of points where noise is dominating. We decide the problem as searching for the optimal threshold values for whole image [2], within each subband [3], or searching for the optimal wavelet-tree decomposition [4] by minimizing a weighted mean square error which is the sum of two: mean square error of the "clear" points distortions and mean square error of de-noised data.

The software interface allows an end-user to download and save images in any of recognized formats. The input and output images and numerical results of processing (MSE, SNR, etc.) are showed on the screen. The end-user can choose any algorithm from described above [2,3,4] or apply any well-known method from median, Wiener, Lee, Frost filtering, etc. If needed, the SPIHT-based data compression technique can be applied to. In the case, the results of data compression are monitored, too.

Reference

1. J.W.Goodman, "Some Fundamental Properties of Speckle," *J.Opt. Soc. Am.*, Vol.66, No.11, pp. 1145-1150, 1976.
 2. Yu.Bekhtin, "Searching an Optimal Wavelet Threshold using Noisy and non-Noisy Data of Images", *Proceedings of SSAB'2001*, Sweden, March, 2001.
 3. Yu.Bekhtin, "Optimal Subband Wavelet Thresholding using Noisy and non-Noisy Data of Images", *2nd IEEE Region 8 EURASIP Symposium on Image and Signal Processing and Analysis*, Pula, Croatia, June, 2001.
- Yu.Bekhtin, "Optimal Waevelet-tree Decomposition using Noisy Data of Images", *Proceedings of DSPA'2002*, Moscow, Russia, 2002.