

## ГОМОМОРФНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

Кабанов А.В., Лукин В.В., Чемеровский В.И.

Харьковский государственный аэрокосмический университет, кафедра 507

310070, Украина, г. Харьков, ул.Чкалова, 17

тел/факс: (0572) 44-11-86; e-mail lukin@xai.kharkov.ua

### Abstract

*Kabanov A., Lukin V., Chemerovskiy V. The use of homomorphic transforms for image quality improvement for the purpose of malfunction diagnostics is discussed. It is shown that such nonlinear transformations can be a useful tool for solving some specific problems: improving filter's efficiency of speckle noise suppression and detection of small size objects with negative contrasts in respect to surrounding background. The theoretical basis and common recommendations for its practical application are also presented.*

### Введение

В настоящее время для диагностики состояния машин, механизмов и других устройств широко используются системы формирования изображения и алгоритмы их анализа [1]. Часто диагностические изображения подвержены сильному воздействию помех комплексного характера, например, суперпозиции мультипликативного, аддитивного и импульсного шума. Прямое использование большинства однопроходных и многих адаптивных алгоритмов фильтрации для устранения подобного рода помех проблематично, поскольку они разработаны для случаев доминирующего преобладания одного из видов флуктуационных помех, т.е. комбинации – аддитивного и импульсного или мультипликативного и импульсного шума. Если влияние мультипликативной составляющей шума является преобладающим, что характерно, например, для когерент-

ных систем формирования изображения, то наблюдается эффект, когда мало-размерные объекты с отрицательным контрастом по отношению к окружающему фону при фильтрации изображения выделяются и сохраняются хуже, чем детали с положительным контрастом. Данное обстоятельство является нежелательным, поскольку приводит к потере информации.

Ниже будут рассмотрены аспекты применения гомоморфных преобразований для решения названных проблем.

### Модели и методика гомоморфной фильтрации

Общее выражение, описывающее изображение, искаженное сигнально-зависимым и импульсным шумом, может быть представлено в виде [2]

$$x = \begin{cases} t(s) + r(s)n, & \text{с вероятностью } (1 - P_{imp}) \\ A_{imp}, & \text{с вероятностью } P_{imp} \end{cases}, \quad (1)$$

где:  $x$  – наблюдаемое изображение;  $s$  – исходное незашумленное изображение;  $t(\cdot)$ ,  $r(\cdot)$  – нелинейные функции;  $n$  – пространственно-некоррелированный шум, обычно полагаемый независимым от сигнала  $s$ ;  $P_{imp}$  – вероятность появления импульсной помехи,  $A_{imp}$  – амплитуда соответствующего отсчета. Модель изображения с мультипликативным шумом является частным случаем выражения (1)

$$x = t(s) + c \cdot t(s) \cdot n = t(s) \cdot [1 + c \cdot n] = t(s) \cdot \mu, \quad (2)$$

где  $\mu$  – мультипликативный шум с математическим ожиданием, равным единице, и дисперсией  $\sigma_{\mu}^2$ . Желательно устранить нелинейную взаимосвязь между сигналом и шумом с целью повысить эффективность алгоритмов фильтрации. Этого можно добиться, если выполнить нелинейное преобразование над исходным изображением (1) так, чтобы

$$g(x) = g[t(s) + r(s)n] \approx U(s) + N(n), \quad (3)$$

где:  $U(s)$  – нелинейная функция, зависящая от  $s$ ;  $N(n)$  – сигнально-независимый шум, полученный в результате преобразования. В случае воздействия на изо-



бражение мультипликативного шума (2), то цель гомоморфного преобразования достигается, если [2]

$$g^{(1)}[t(s)] = \frac{c}{t(s)}, \quad (4)$$

где:  $g^{(1)}[.]$  – обозначает первую производную функции  $g(x)$ ;  $c$  - константа. Условию (4) соответствует логарифмическая функция

$$g(x) = \ln(x) \quad (5)$$

В этом случае

$$g(x) \approx g[t(s)] + n \quad (6)$$

Теперь, любой фильтр как из класса линейных, так и нелинейных алгоритмов фильтрации может быть использован для подавления аддитивных помех на преобразованном изображении. После обработки изображение  $g[t(s)]$  должно быть восстановлено, за счет использования обратной функции  $f(\cdot)$ , такой, что

$$f\{g[t(s)]\} = s \quad (7)$$

На Рис.1 показана обобщенная структура гомоморфного фильтра

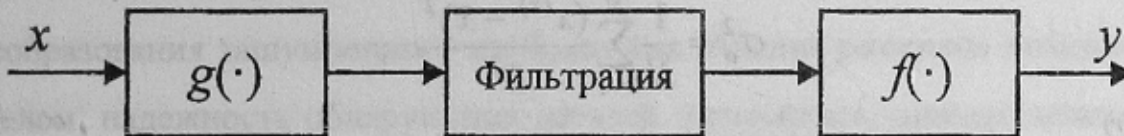


Рисунок 1 - Структура гомоморфного фильтра

Если исходный закон распределения мультипликативных помех – гауссовский с  $\sigma_{\mu}^2 \ll 1$ , то в результате использования гомоморфных преобразований для разных фильтров (линейного усредняющего, медианного, фильтра Вилкоксона, суммарно-рангового фильтра и многих других) эффект подавления флуктуационных помех, характеризуемый соотношением дисперсий остаточных флуктуаций к исходной дисперсии флуктуационных помех на однородном участке, практически такой же, как и при применении рассматриваемых фильтров (или их модификаций) непосредственно к исходному изображению. Использование гомоморфных преобразований для повышения эффективности подавления флуктуационных помех оказывается

имеющим смысл лишь для ряда частных случаев, например, для спекл-шума с несимметричным законом распределения [4]. Вместе с тем, применение гомоморфных преобразований оказывается полезным для решения другой задачи, рассмотренной ниже.

### Обнаружение малоразмерных объектов

Выделение деталей (обнаружение малоразмерных объектов) на изображениях является как самостоятельной задачей их обработки, так и одним из этапов при локально-адаптивной фильтрации изображения, когда в качестве показателя локальной активности фактически используются выходные сигналы различных детекторов границ и деталей. Хорошими показателями обнаружения объектов и деталей на изображении при доминировании мультипликативного шума обладают квазиразмах  $Q$  и относительная локальная дисперсия  $\sigma_o^2$  [5], описываемые выражениями

$$Q^I = x^{(q)} - x^{(p)}, \quad (8)$$

$$\sigma_o^2 = \frac{1}{N} \sum_{r=1}^N \frac{(x^{(r)} - \bar{x})^2}{\bar{x}^2}, \quad (9)$$

где:  $x^{(r)}$  – значение порядковой статистики с номером  $r$  из апертуры сканирующего окна размером  $N$  элементов;  $\bar{x}$  – локальное среднее.

Если при гомоморфном преобразовании используется логарифмическая функция (5), то для исходного изображения квазиразмах должен вычисляться как отношение порядковых статистик

$$Q^{II} = x^{(q)} / x^{(p)}, \quad (10)$$

Это заключение подтверждается результатами численного моделирования, проводимого для тестового изображения, содержащего малоразмерные объекты. На Рис.2,а показано исходное тестовое изображение без помех, на котором расположены три группы однотипных малоразмерных объектов (по 5 пикселей). Каждая группа содержит ряд объектов с отрицательным контрастом -3дБ (темные пиксели) и положительным контрастом +3дБ (светлые пиксели).



На следующих рисунках показано поле значений квазиразмаха ( $N=9$ ) для зашумленного изображения ( $\sigma_{\mu}^2=0.02$ ) без применения (Рис.2,б) и с применением (Рис.2,в) гомоморфного преобразования соответственно (белый цвет соответствует превышению порогового значения). Из этих рисунков, видно, что эффективность обнаружения объектов с разным контрастом для квазиразмаха сохраняется.

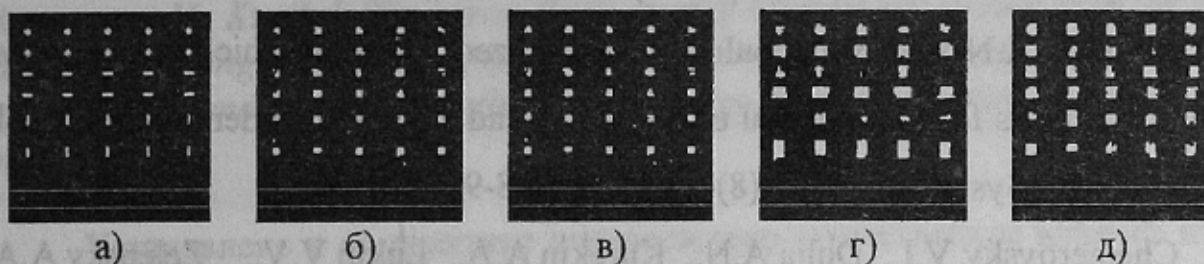


Рисунок 2 - Сохранение малоразмерных объектов с положительным и отрицательным контрастом по отношению к окружающему фону.

На Рис.2,г представлен результат использования в качестве детектора малоразмерных объектов относительной локальной дисперсии  $\sigma_o^2$  ( $N=25$ ) непосредственно к зашумленному изображению и на Рис.2,д - после гомоморфного преобразования зашумленного изображения. Анализ рисунков показывает, что в целом, надежность обнаружения деталей повысилась, причем детали с отрицательным контрастом стали детектироваться гораздо лучше, а для деталей с положительным контрастом надежность их обнаружения несколько снизилась. Таким образом, гомоморфное преобразование (5) целесообразно использовать в случаях, когда приоритетной задачей является обнаружение на изображении объектов с отрицательным контрастом и их последующее сохранение алгоритмами фильтрации.

### Заключение

Анализ результатов обработки изображений с помощью гомоморфных преобразований позволяет дать рекомендацию по поводу их применения. На наш взгляд, использовать фильтрацию с гомоморфными преобразованиями целесообразно с целью повышения эффективности подавления

флуктуационных помех при сложных помехах (в частности, несимметричных законах их распределения), а также для улучшения работоспособности детекторов малоразмерных объектов.

### Литература

1. Коллакот Р.А. «Диагностирование технического оборудования». Пер. с англ.// Под ред. Ю.Н.Мясникова. - Л.: Судостроение, 1980г.
2. R.Ding, A.N.Venetsanopoulos, "Generalized homomorphic and adaptive order statistic filters for the removal of impulsive and signal-dependent noise", IEEE Trans.Circuit and Systems CAS-34(8), 1987, pp.948-955.
3. Chemerovsky V.I., Dolia A.N., Kurekin A.A., Lukin V.V., Zelensky A.A. "Use of homomorphic transforms for low contrast edge/detail detection and filtering of mm-band images", Proceed. of MSMW'98 Symp., Kharkov, Ukraine, September 15-17, 1998, Vol.2, p.503.
4. Lukin V.V., Chemerovsky V.I., Zelensky A.A., «Homomorphic transformations for nonlinear adaptive filters», Proceed. of Ukrobraz'98, Kiev, Ukraine, October 19-23, 1998, p.171.
5. Lukin V.V., Melnik V.P., Chemerovsky V.I., Astola J.T., "Adaptive Nonlinear L-2 and L-3 Filters for Speckle Image Processing", Proceed. of IS&T/SPIE Symp. On Electronic Imaging: Science and Technology, San Jose, CA, USA, Feb.1997, V.3026, pp.21-33.