

УДК 621.396

ВЛИЯНИЕ СПЕКТРАЛЬНО-ЛОКАЛЬНЫХ ПОМЕХ НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ МЕТОДОМ ОПОРНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

А. Ю. Зражевский, А. В. Кокошкин, В. А. Коротков

Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Фрязинский филиал

Статья получена 24 декабря 2014 г.

Аннотация. Целью настоящей работы является изучение влияния помех, возникающих независимо от формирования изображения оптической системой, на качество изображения, восстанавливаемое методом опорного изображения. Рассматриваются виды искажений, которые локализуются на пространственном спектре изображения в некоторых ограниченных областях и не покрывают всю его площадь. Такими помехами могут выступать как атмосферные явления (дождь, снег, неоднородность атмосферы), так и особенности самого объекта наблюдения (преимущественно ориентированные или периодически повторяемые элементы изображения).

Ключевые слова: радиоизображение, шум, статистические характеристики спектров, пространственное разрешение.

Abstract: The aim of this work is to study the impact of interference occurring before the imaging by the optical system on the quality of the image, reconstructed by the reference image. The types of distortions are researched, which are located on the spatial spectrum of the image in a few limited areas and do not cover the whole of its area. Such interference can be both atmospheric phenomena (rain, snow, inhomogeneity of the atmosphere) and the features of the observed object (mainly oriented or recurrent elements of the image).

Key words: radio images, noise, statistical characteristics of the spectra, spatial resolution.

При формировании изображений в любом диапазоне электромагнитных волн аппаратная функция (АФ) приёмного устройства вносит искажения в конечный результат [1]. Происходит это вследствие изменений в пространственном спектре изображения. Кроме того, воздействие шумов различного происхождения оказывает негативное влияние на процесс формирования изображений. Для компенсации этих изменений применяются различные способы [1, 3]. Эти методы нуждаются в определении параметров шумов (помех), влияющих на регистрируемый сигнал. Предложенный нами в [2] метод опорного изображения (МОИ) основан на фильтрации спектра изображения с применением для сравнения опорного изображения. Поэтому такой подход позволяет отфильтровывать помехи вне зависимости от их параметров и источника. Следует отметить, что в этом случае помехой (шумом) считается та часть спектра, которая энергетически превосходит некий порог, заданный усредненным спектром опорного изображения.

В наших предыдущих работах, применительно к МОИ, мы рассматривали мешающие шумы, возникающие уже после воздействия аппаратной функции (АФ) на изображение. Например, в работе [2] показано воздействие на изображение шума регистрирующей аппаратуры, покрывающего весь спектр. Влияние отношения «сигнал/шум» на пространственное разрешение восстанавливаемого изображения оценивалось при добавлении на каждый пиксель размытого изображения гауссова шума с варьируемым значением среднеквадратичного отклонения. Для восстановления изображений МОИ получено, что пространственное разрешение можно существенно улучшить, если «сигнал/шум» ≥ 30 дБ.

При практической реализации любого из методов восстановления изображений шум дискретизации может оказать определяющее влияние на конечный результат. В нашей работе [4] показано, что качество радиоизображения, полученное с большим числом уровней дискретизации (с большой точностью), при знании аппаратной функции системы радиовидения

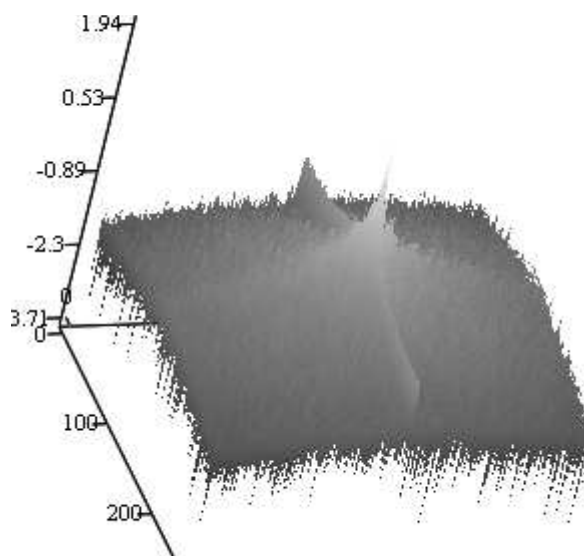
может быть существенно улучшено численными методами. В этой связи в [5] нами был предложен способ уменьшения влияния 8-битного квантования на возможности восстановления искаженного оптической системой изображения.

Целью настоящей работы является рассмотрение влияния помех, возникающих до формирования изображения оптической системой, на качество изображения, восстанавливаемое методом опорного изображения. Помехами в этом случае являются те особенности пространственного спектра изображения, которые энергетически превосходят величину, определяемую МОИ и зависящую от усредненного спектра опорного изображения [2, 7, 8, 9]. Такими помехами могут выступать как атмосферные явления (дождь, снег, неоднородность атмосферы), так и особенности самого объекта наблюдения (преимущественно ориентированные или периодически повторяемые элементы изображения). В данной работе для вычислений результатов использовался модифицированный МОИ – адаптивный метод опорного изображения (АМОИ), как более устойчивый к мешающим факторам [8].

Для анализа влияния помех будем использовать изображение на Рис.1.



А



Б

Рис.1 А) исходное изображение – фрагмент картины В.М. Васнецова "Богатыри"; Б) амплитудный спектр этого изображения в логарифмическом масштабе.

После прохождения через оптическую систему вид спектров меняется. Для определенности будем использовать аппаратную функцию Гауссова вида:

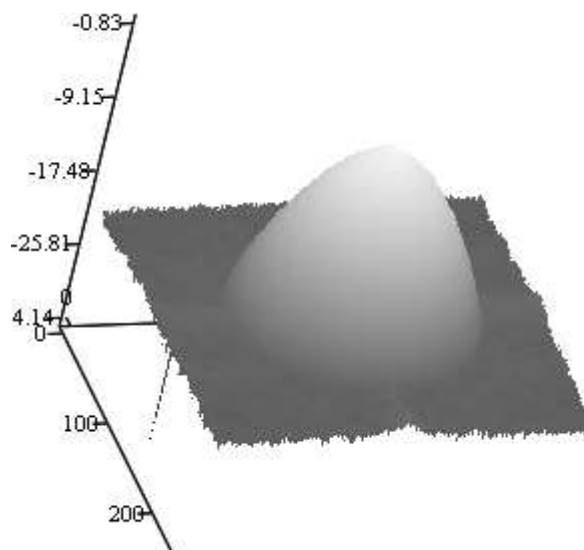
$$A(x, y) = \exp\left(-\frac{x^2 + y^2}{S^2}\right). \quad (1)$$

В дальнейшем при расчетах примем $S = 6$.

На Рис.2 представлено изображение Рис.1 после прохождения через оптическую систему с аппаратной функцией (1).



А



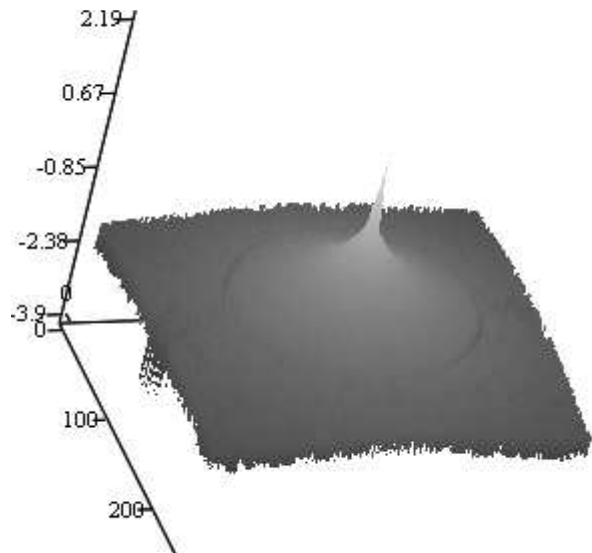
Б

Рис.2 А) изображение фрагмента картины В.М. Васнецова "Богатыри" после АФ при $S=6$; Б) амплитудный спектр этого изображения в логарифмическом масштабе.

После восстановления с помощью АМОИ изображение и его спектр представлены на Рис.3



А



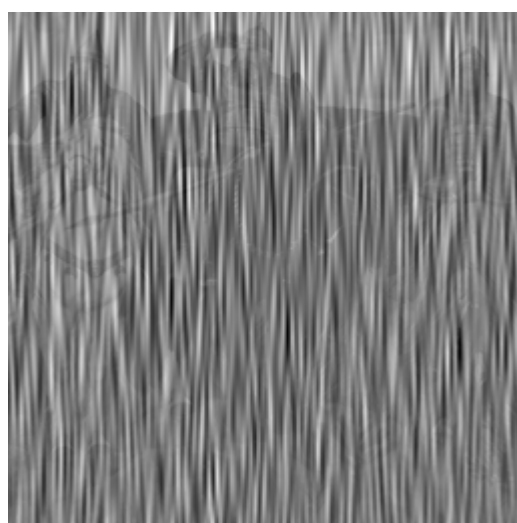
Б

Рис.3 А) изображение фрагмента картины В.М. Васнецова "Богатыри" восстановленное АМОИ; Б) амплитудный спектр этого изображения в логарифмическом масштабе.

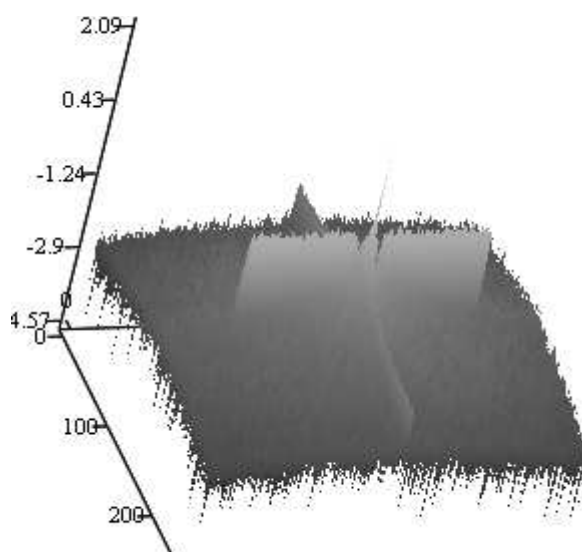
Сравнение Рис.1 и Рис.3 позволяет сделать вывод о том что, несмотря на некоторое искажение пространственного спектра восстановленного изображения по сравнению с исходным, восстановление изображения произошло успешно.

Введем теперь спектрально локальную помеху на спектр изображения Рис.1. Пусть эта помеха занимает прямоугольные области, симметричные относительно нуля и с координатами одной из них, заданной диагональю прямоугольника – $(-5, 10; 5, 80)$. Полученное изображение и его спектр представлены на Рис.4. Введенные помехи представляют собой случайные комплексные числа. Они хорошо видны на спектре Рис.4Б и проявляются на изображении в виде в среднем вертикально ориентированными случайными полосами. На Рис.5 представлено изображение Рис.4 после воздействия АФ с $S=6$. Видно, что полосы помех стали значительно шире за счет подавления высоких частот аппаратной функцией. На Рис.6 представлены результаты

восстановления с помощью АМОИ .

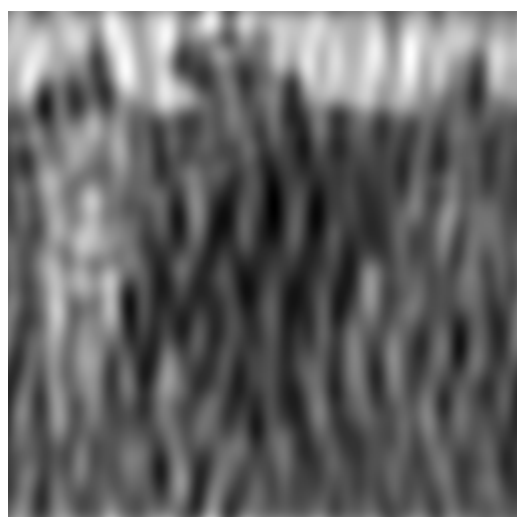


А

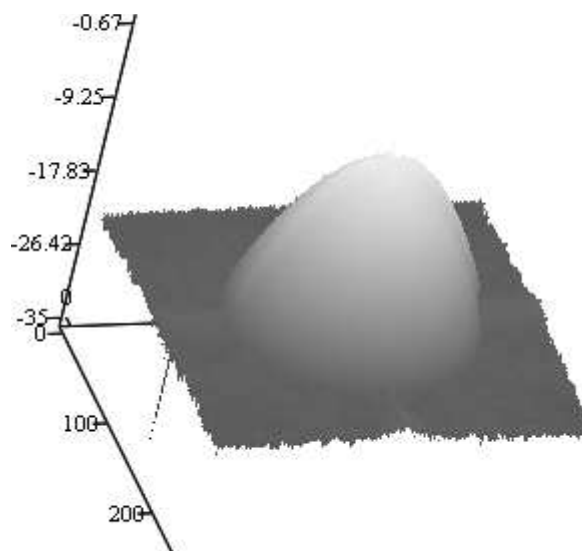


Б

Рис.4 А) изображение фрагмента картины В.М. Васнецова "Богатыри" с введенными помехами; Б) амплитудный спектр этого изображения в логарифмическом масштабе.



А

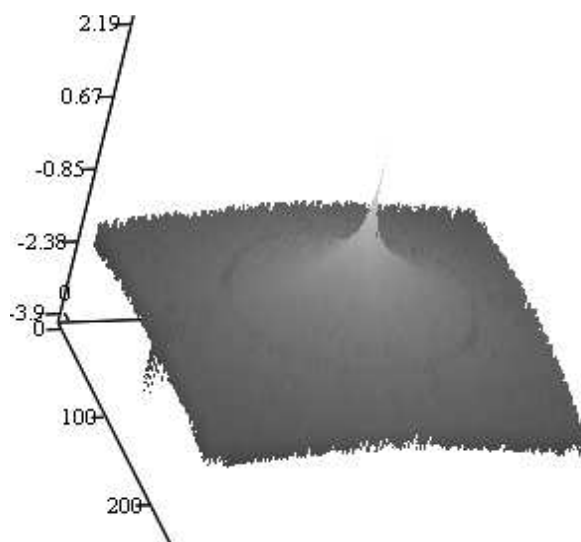


Б

Рис.5 А) изображение фрагмента картины В.М. Васнецова "Богатыри" после АФ при $S=6$; Б) амплитудный спектр этого изображения в логарифмическом масштабе.



А



Б

Рис.6 А) изображение фрагмента картины В.М. Васнецова "Богатыри", восстановленное АМОИ; Б) амплитудный спектр этого изображения в логарифмическом масштабе.

На Рис.6 видно, что наблюдаемые на Рис.4-5 помехи после воздействия МОИ значительно ослабились и представляют собой остатки низкочастотной части введенных помех. На первый взгляд может показаться, что ослабление в основном высокочастотных помех является следствием воздействия АФ.



А



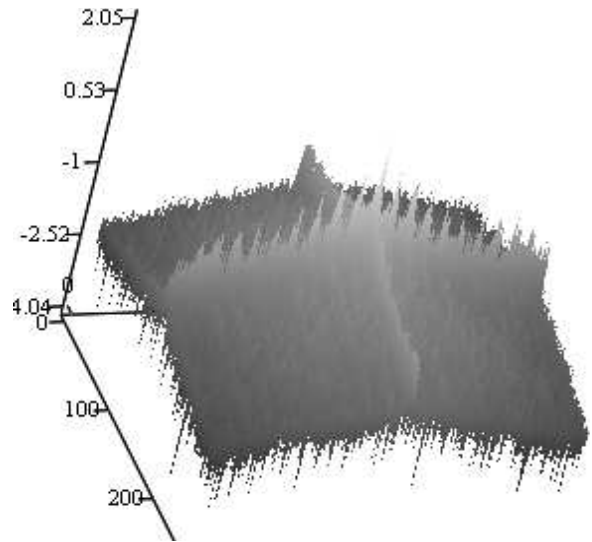
Б

Рис.7 А) изображение фрагмента картины В.М. Васнецова "Богатыри", восстановленное МОИ из Рис.4А;Б) изображение, восстановленное МОИ из Рис.5А.

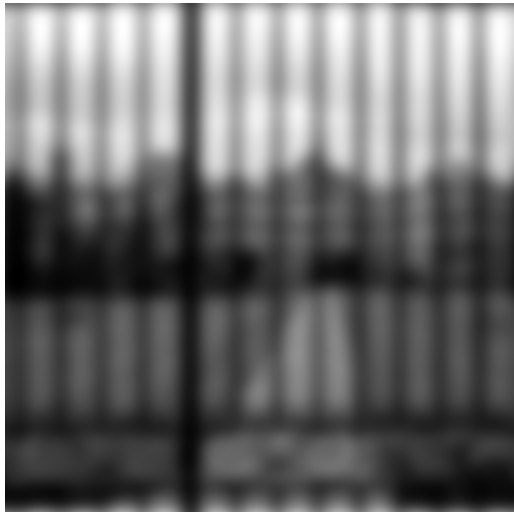
На Рис.7 приведены результаты восстановления с помощью АМОИ изображений из Рис.4А (без прохождения изображения через АФ) и Рис.5А. (после воздействия АФ на изображение). Видно, что результаты восстановления похожи. Несмотря на то, что Рис.7Б иллюстрирует восстановление из предварительно отфильтрованного АФ изображения, артефакты, вызванные помехами, на Рис.7А имеют схожий вид на Рис.7Б.



А



Б



В



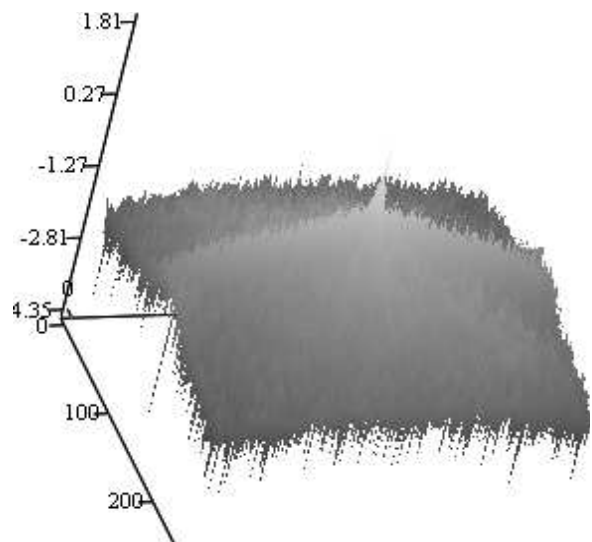
Г

Рис.8 А) исходное изображение «решётка замка»; Б) амплитудный спектр этого изображения в логарифмическом масштабе; В) изображение «решётка дворца» прошедшее через фильтр АФ; Г) изображение Рис.8В, восстановленное АМОИ.

Итак, МОИ выделяет те области пространственного спектра изображения, в которых амплитудный спектр превосходит величину, определяемую МОИ и зависящую от усредненного спектра опорного изображения [2, 7, 8, 9]. Затем в этих областях производится замена собственного амплитудного спектра на спектр, определяемый МОИ. Поэтому следует ожидать, что при обработке изображений, содержащих одинаково ориентированные периодически повторяемые элементы, эти элементы изображения станут менее контрастными по сравнению с остальным изображением. На рис.8 представлено изображение замка, сфотографированного через решетку ворот. Затем это изображение обработалось АФ и восстановлено с помощью АМОИ.



А



Б



В



Г

Рис.9 А) исходное изображение «девочка под дождём»; Б) амплитудный спектр этого изображения в логарифмическом масштабе; В) изображение «девочка под дождём», прошедшее через фильтр АФ; Г) изображение Рис.9В, восстановленное АМОИ.

Видно, что изображение вертикальных элементов решетки на восстановленном изображении Рис.8 Г стали значительно менее контрастными, чем на Рис.8А. В это же время фигурный узор в нижней части решётки на восстановленном изображении сохранил свою высокую контрастность. Такое же свойство МОИ проявилось и при обработке изображения девочки под дождем, Рис.9. МОИ существенно ослабляет интенсивность изображения трасс дождевых капель, которые на рельефе спектра выглядят как горизонтальная гряда, Рис.9Б.

Выводы

В данной работе было показано что:

1. С помощью метода опорного изображения (МОИ) можно выделять спектрально локальные помехи на изображении. Эти помехи могут соответствовать как периодически повторяемым элементам изображения (Рис.8), так и атмосферным явлениям (Рис.9).
2. За счет работы МОИ спектрально-локальные помехи можно значительно ослабить.

Литература

1. Р. Гонсалес, Р. Вудс. Цифровая обработка изображений. М. «Техносфера» , 2005, 1071 стр.
2. Зражевский А.Ю., Кокошкин А.В., Новичихин Е.П., Титов С.В., «Повышение качества радиоизображений // «Нелинейный Мир», № 9, 2010г., с. 582-590.

3. Тихонов А.Н., Арсенин В.Я. - Методы решения некорректных задач. М.Наука, 1979
4. Зражевский А. Ю., Кокошкин А. В., Коротков В. А. «Исследование влияния количества уровней дискретизации размытого изображения на качество восстановления». // Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. 2013. №9. URL: <http://jre.cplire.ru/jre/sep13/7/text.html>
5. А. Ю. Зражевский, А. В. Кокошкин, В. А. Коротков. «Уменьшение влияния 8-битного квантования градаций яркостей на возможности восстановления искаженного оптической системой изображения». // Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. 2014. №1. URL: <http://jre.cplire.ru/jre/jan14/10/text.html>
6. Зражевский А. Ю., Коротков В. А. «Особенности восстановления искаженного оптической системой радиоизображения с помощью метода опорного изображения». // Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. 2013. №4. URL: <http://jre.cplire.ru/jre/apr13/3/text.html>
7. Ю. В. Гуляев, А. Ю. Зражевский, А. В. Кокошкин, В. А. Коротков, В. А. Черепенин «Коррекция пространственного спектра, искаженного оптической системой, с помощью метода опорного изображения. Часть 1. Классический метод опорного изображения (МОИ)». // Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. 2013. №12. URL: <http://jre.cplire.ru/jre/dec13/1/text.html>
8. Ю. В. Гуляев, А. Ю. Зражевский, А. В. Кокошкин, В. А. Коротков, В. А. Черепенин «Коррекция пространственного спектра, искаженного оптической системой, с помощью метода опорного изображения. Часть 2. Адаптивный метод опорного изображения (АМОИ)». // Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. 2013. №12. URL: <http://jre.cplire.ru/jre/dec13/2/text.html>
9. Ю. В. Гуляев, А. Ю. Зражевский, А. В. Кокошкин, В. А. Коротков, В. А. Черепенин «Коррекция пространственного спектра, искаженного

оптической системой, с помощью метода опорного изображения. Часть 3.
Универсальный опорный спектр. // Журнал радиоэлектроники
[электронный журнал]. 2013. №12.

URL: <http://jre.cplire.ru/jre/dec13/3/text.html>