

УДК 621.396

## **УМЕНЬШЕНИЕ ВЛИЯНИЯ 8-БИТНОГО КВАНТОВАНИЯ ГРАДАЦИЙ ЯРКОСТЕЙ НА ВОЗМОЖНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ**

**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.** Предложен и с помощью моделирования протестирован алгоритм уменьшения влияния 8-битного квантования на возможности восстановления искаженного оптической системой изображения.

**Ключевые слова:** изображение, статистические характеристики спектров, пространственное разрешение.

**Abstract:** The algorithm of reduction of the influence of 8-bit quantization on the possibility to restore the image, distorted by optical system, is proposed and tested.

**Key words:** image, statistical characteristics of the spectra, the spatial resolution.

При проектировании систем радиовидения важно учитывать необходимость обработки полученных радиоизображений с целью улучшения их качества. Запись изображения в файл зачастую вызывает снижение качества измерений из-за отбрасывания «избыточной» точности. В настоящее время сложился стандарт записи в файл изображений после 8-битного квантования (256 градаций яркостей). Целью данной работы является уменьшение влияния шума, вызванного квантованием яркости изображения, на процесс повышения качества изображений.

При формировании изображения оптической системой происходит изменение его пространственного спектра. Запись изображения в файл за счет относительно небольшого квантования его яркости приводит к дополнительному искажению спектра, связанному, в том числе, и с потерей части компонент спектра из-за малости их амплитуд. Это наглядно продемонстрировано в [8, 9]. Поскольку за счёт шумов квантования происходит

потеря информации, то перед записью в файл мы предлагаем трансформировать амплитудный спектр изображения путем нелинейного преобразования, которое уменьшает большие амплитуды и увеличивает малые. Таким образом сохраняется основная информативная часть спектра, измеренная регистрирующей аппаратурой, и нивелируются шумы дискретизации, возникающие при записи изображения в файл. В дальнейшем, при визуализации изображения или при процедуре его восстановления производится обратная нелинейная операция.

Опишем предлагаемый нами алгоритм уменьшения влияния шума квантования (дискретизации) при повышении качества изображений с помощью метода опорного изображения (МОИ).

Предполагаем, что регистрирующая аппаратура может считывать изображение со значительно большим разрешением, чем при 256 градациях яркостей, однако, запись в файл для сохранения данных происходит при 8-битном квантовании.

Как и в работах [8, 9], 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  $S = 6$ .



А



Б

Рис. 1. Полутоновое изображение – танк «Абрамс» США: А) исходное оптическое изображение (при  $S=0$ ); Б) изображение, искажённое аппаратной функцией (при  $S=6$ ).

Следующим шагом квантуем изображение, искажённое аппаратной функцией (см. рис.1 Б, т.е. «размытое» изображение) с числом разрядов равным  $KRK=24$ , что означает количество уровней яркости равным  $2^{KRK}$ . Т.е. мы предполагаем: регистрирующая аппаратура способна считывать данные такого качества. Далее, приёмное устройство должно обеспечить вычисление пространственного спектра изображения с  $2^{KRK}$  градаций яркостей. При таком, относительно большом, количестве уровней дискретизации шум квантования ещё не заглушает частоты с маленькими амплитудами в значимой для восстановления части пространственного спектра. Наша задача состоит в том, чтобы сохранить эти небольшие, но важные для качественного восстановления изображения значения амплитудного спектра. С этой целью нами производится логарифмирование, т.е. нелинейная трансформация амплитудного спектра изображения таким образом, чтобы малые амплитуды стали больше, а большие - меньше. Полученное из этого трансформированного спектра изображение, которое мы записываем в файл с 256 градациями яркостей, показано на рис.2.



Рис. 2. Изображение на основе логарифмированного спектра для записи в файл изображения с 256 градаций яркостей.

Преимущество предложенного алгоритма наглядно видно на изображении спектров после проведения инверсной фильтрации к изображениям рис.3.

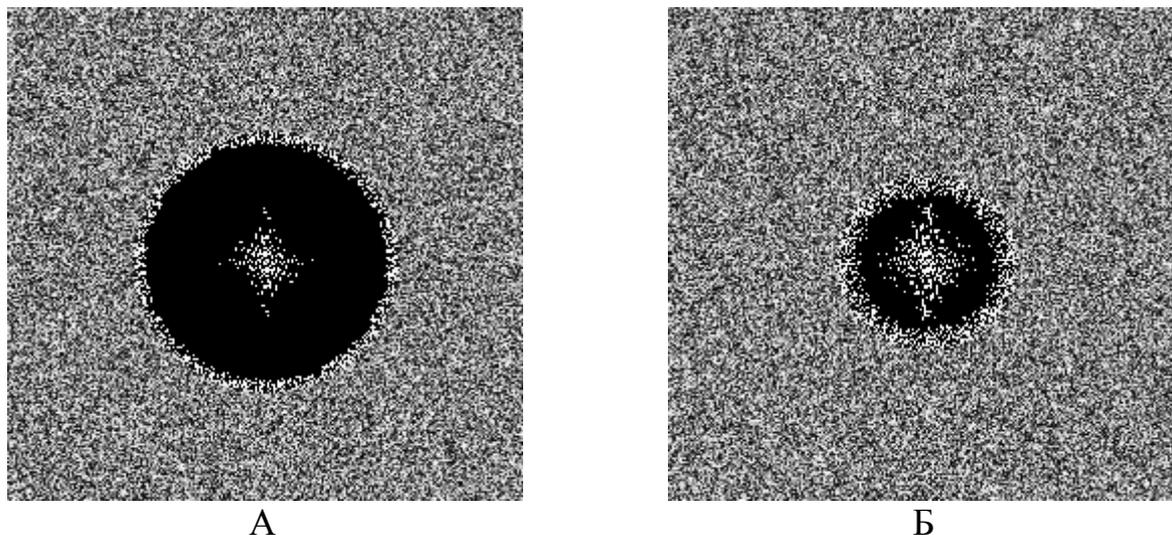


Рис. 3. Вид сверху на амплитудные спектры изображений с 256 градациями яркостей для записи в файл: А) изображения (рис.2), построенного на основе логарифмированного спектра; Б) изображения (рис.1Б).

На пространственном амплитудном спектре (рис. 3) тёмные круги, включая их центральные области, являются значимыми для качества восстановления изображения. Серая область вне черных кругов – это область шумов квантования. И чем больше размер областей черных кругов, тем лучше качество восстанавливаемого в итоге изображения. Подтверждение этого можно увидеть на рис. 4.

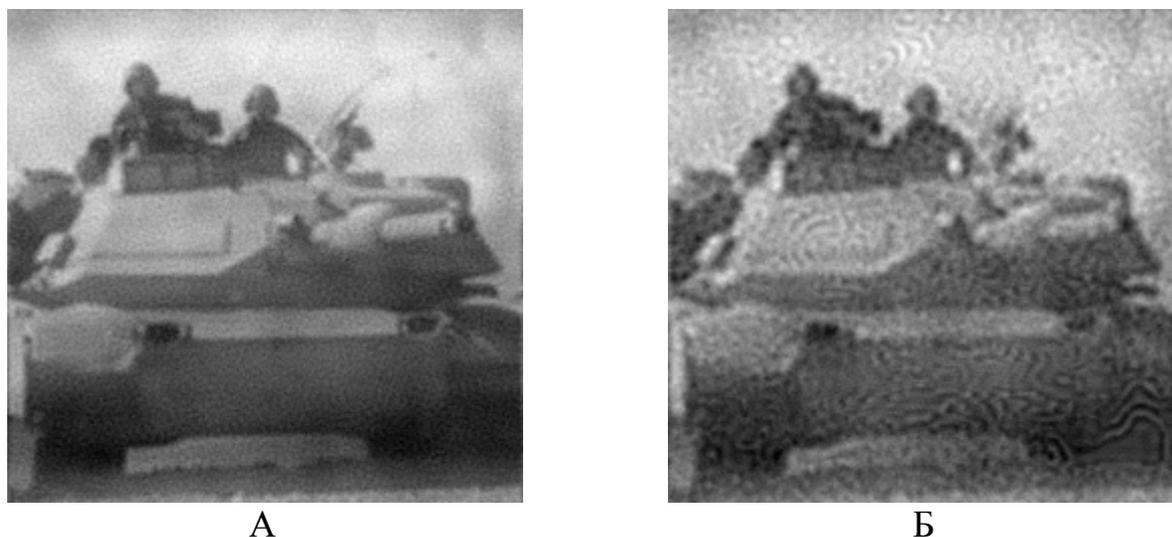


Рис. 4. Восстановление с помощью аМОИ: А) изображения (рис.2), т.е. после логарифмической трансформации его амплитудного спектра; Б) изображения (рис.1Б).

Для восстановления изображения (см. рис.4) применён адаптивный метод опорного изображения - АМОИ, как более устойчивый к мешающим факторам, и использован универсальный опорный спектр [10 - 12].

Вышеописанный алгоритм предварительного перед записью в файл логарифмирования амплитудного спектра может показаться излишне усложненным. Его можно существенно упростить. В наших работах [10 -12] была продемонстрирована принципиальная возможность использования универсального опорного спектра для восстановления изображений различного размера и содержания. Таким образом, возможен способ уменьшения влияния 8-битного квантования радиоизображения на качество восстанавливаемого изображения с помощью прямой замены амплитудного спектра радиоизображения на универсальный опорный спектр. Конечно, качество восстанавливаемого изображения несколько ухудшится, поскольку универсальный спектр отражает общую для всех изображений изотропную составляющую, но не учитывает уникальную для каждого конкретного изображения анизотропную составляющую [10 - 12]. А поскольку наиболее значимая информация об изображении содержится не в амплитудной, а в фазовой части спектра изображения (что было показано нами в [10 - 12]), значит, есть возможность попытаться восстановить изображение по составному спектру, где в качестве фазового спектра используем оригинальный фазовый спектр изображения, искажённого аппаратной функцией, а амплитудный спектр заменяем на универсальный опорный спектр.

Действуем следующим образом: перед записью в файл нормируем пространственный спектр так, чтобы все амплитуды (за исключением равных 0) его пространственных частот были равны. Затем производим обратное

преобразование Фурье, нормируем полученное изображение и записываем его в файл. Перед просмотром или обработкой записанного изображения восстанавливаем его спектр, используя в качестве амплитудного спектра универсальный опорный спектр [12]. Если спектр аппаратной функции не имеет отрицательных значений, как в моделируемом нами примере (1), то результат такого восстановления может быть получен сразу из составного спектра – рис.5.



А



Б

Рис. 5. А) изображение, искажённое аппаратной функцией (при  $S=6$ ); Б) изображение, восстановленное после выделения фазы и замены его амплитудного спектра на универсальный опорный спектр.

В случае, если спектр аппаратной функции имеет в некоторых местах отрицательные значения, применяем последовательно метод опорного изображения [2, 10, 11, 12]. Здесь восстановление изображения происходит примерно в таком же качестве, как и по составному спектру.

### **Выводы**

Предложен и с помощью моделирования протестирован алгоритм уменьшения влияния 8-битного квантования на возможности восстановления

искаженного оптической системой изображения. Выяснено, что предложенный способ в значительной степени снижает шум дискретизации при стандартной записи изображений в файл с 256 градациями яркостей. При этом предполагается: приёмная аппаратура должна быть способна считывать изображения с намного большим разрешением, чем при 256 градациях яркостей, и обеспечить вычисление его пространственного спектра до записи в файл.

### **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. Влияние уровня боковых лепестков аппаратной функции на качество восстановленного изображения. «Журнал Радиоэлектроники», №4, 2013 г.  
<http://jre.cplire.ru/jre/apr13/8/text.html>
5. Зражевский А. Ю., Коротков В.А. Восстановление искаженного оптической системой радиоизображения с помощью метода опорного изображения. Сб. Тезисы докладов IX Всероссийский семинар по радиофизике миллиметровых и субмиллиметровых волн. С.122. Нижний Новгород. 2013.
6. Зражевский А. Ю., Коротков В. А. Исследование восстановления сигнала, прошедшего через неидеальный фильтр низких частот. // Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. 2013. №4. URL: <http://jre.cplire.ru/jre/apr13/4/text.html>

7. 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>
8. Зражевский А. Ю., Кокошкин А. В., Коротков В. А. «Особенности применения инверсной фильтрации для восстановления изображений с учетом квантования яркости при записи в BMP файл. // Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. 2013. №6. URL: <http://jre.cplire.ru/jre/jun13/14/text.html>
9. 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/alt/sep13/7/text.html>
10. 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>
11. 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>
12. 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>