

УДК 621.396

## ЭФФЕКТЫ ПОЛУЗАТЕНЕНИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ИСКАЖЁННЫХ СМАЗОМ

А. В. Кокошкин, В. А. Коротков, Е.П. Новичихин

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

Статья получена 31 августа 2014 г.

**Аннотация.** В данной работе в рамках уравнения свертки показана возможность восстановления с помощью метода опорного изображения искажённого смазом изображения объекта, затененного другим объектом.

**Ключевые слова:** уравнение свертки, метод опорного изображения, искажённое смазом изображение, восстановление затененного изображения.

**Abstract.** In this paper, in the framework of the convolution equation the possibility of recovery of blurring distorted image of an object obscured by another object is shown by the method of the reference image.

**Key words:** convolution equation, the method of the reference image, distorted by blurring the image, restoration shaded image.

**Введение.** Смазанные изображения обычно связаны с движением интересующего объекта или с движением оптической системы относительно этого объекта. Величина искажения изображения (смаз) зависит от скорости движения и величины выдержки. Методы решения задачи восстановления смазанного изображения предполагают, что интересующий объект представлен на изображении полностью [1]. В данной работе рассматривается случай, когда часть смазанного изображения объекта утеряна или затенена изображением другого объекта.

**Основная часть.** Восстановление смазанных изображений обычно рассматривается на основе решения уравнения свертки [1,2]:

$$I(\vec{r}) = \int_D A(\vec{r} - \vec{r}') I_0(\vec{r}') ds(\vec{r}') + N(\vec{r}), \quad (1)$$

где  $D$  – область наблюдения,  $ds(\vec{r})$  – элементарная площадка в точке  $(x,y)$ ,  $A(\vec{r})$  – аппаратная функция (АФ) системы,  $I_0(\vec{r})$  – исходное изображение,  $I(\vec{r})$  – изображение на выходе этой системы,  $N(\vec{r})$  – аддитивный шум.

$A(\vec{r})$  в случае смаза по оси  $X$  имеет вид:

$$A(\vec{r}) = \frac{\delta(y)}{2S_0}, \text{ если } |x| \leq S_0 \text{ и} \quad (2)$$

$A(\vec{r}) = 0$  в остальных случаях,

где  $S_0$  – половина величины смаза.

В качестве метода решения выберем адаптивный метод опорного изображения АМОИ [3]. Рассмотрим результаты восстановления смазанного изображения с помощью АМОИ при наличии затенения части изображения. В качестве затеняющего объекта выберем черную полосу, расположенную поперек направления смаза. На Рис.1 приведены исходное изображение и смазанное по горизонтали изображение.



А



Б

Рис.1. А – исходное изображение 256x256,  
Б – смазанное изображение 256x256 ( $S_0 = 30$ ).

На рис.2А представлено изображение, часть которого закрыта черной полосой шириной 40 пикселей. Результат восстановления изображения рис.2А с помощью АМОИ приводится на рис.2Б.

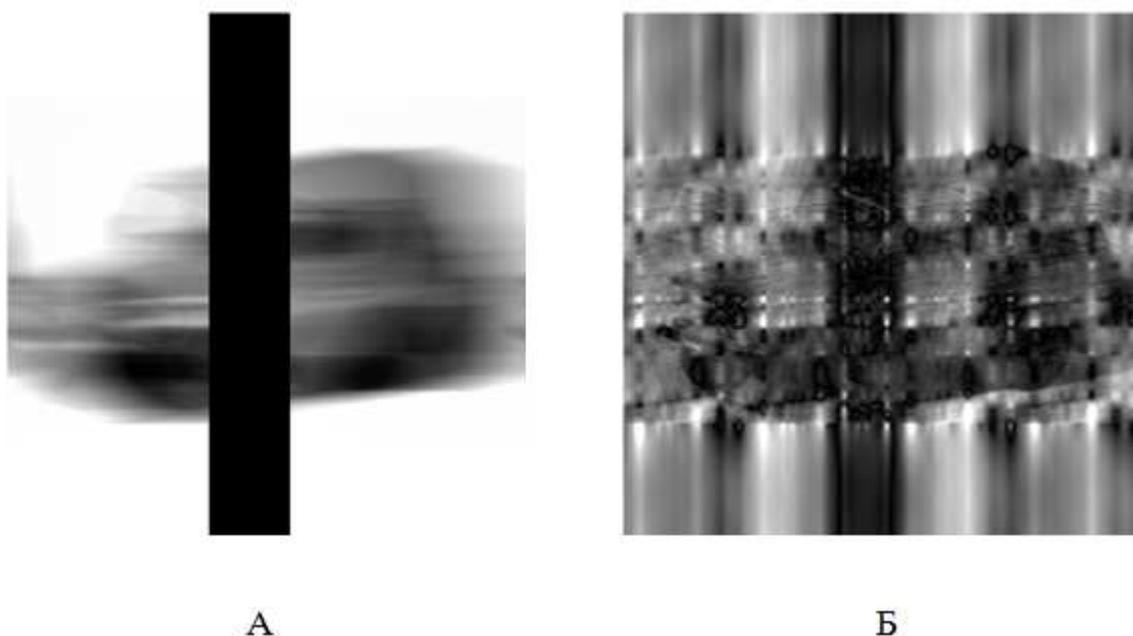


Рис.2. А - смазанное изображение рис.1Б, закрытое черной полосой шириной 40 пикселей, Б - Результат восстановления изображения рис.2А с помощью АМОИ.

Сравнение восстановленного изображения рис.2Б с исходным рис.1А позволяет сделать вывод о полной неудаче восстановления. В то же время из-за того, что ширина черной полосы меньше величины смаза информация, позволяющая восстановить исходное изображение на рис.2А присутствует.

Основной причиной, которая препятствует восстановлению смазанного, частично отсутствующего (затененного) изображения, является невозможность описать в рамках уравнения свертки (1) изображение на рис.2А. Поэтому и решение (1) имеет мало общего с исходным изображением. Рассмотрим представленные на рис.3 графики яркости изображений рис.1Б и рис.2А в зависимости от горизонтальной координаты при зафиксированной вертикальной, равной 85.

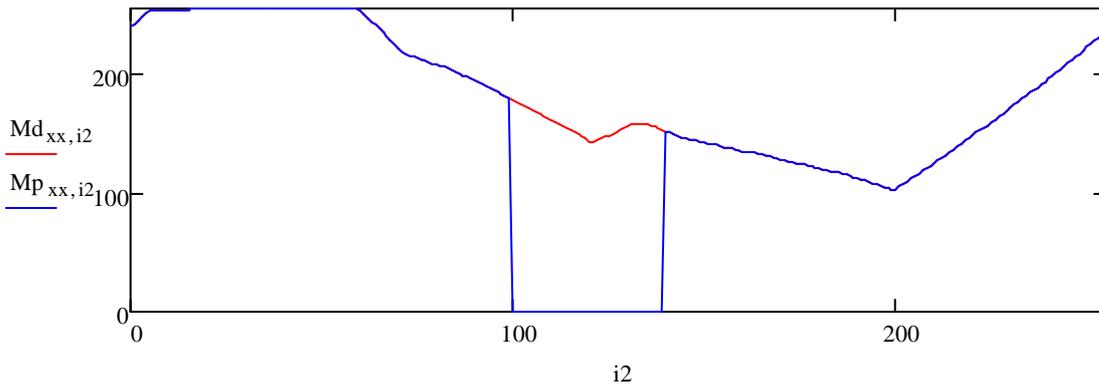


Рис.3. Графики яркости смазанных изображений в зависимости от горизонтальной координаты. Красная линия соответствует рис.1Б, синяя линия – рис.2А.

Рис.3 хорошо иллюстрирует тот факт, что из-за наличия горизонтального смаза, график зависимости яркости от горизонтальной координаты достаточно плавно меняющаяся функция. Черная полоса на рис.2А соответствует резкому падению яркости (синяя линия) начиная с координаты равной 100. Понятно, что если бы вместо такого резкого изменения яркости было бы плавное поведение кривой, примерно соответствующее исходному (до затенения) графику (красная линия), то можно было бы надеяться на результат лучший, чем представлен на рис.2Б.

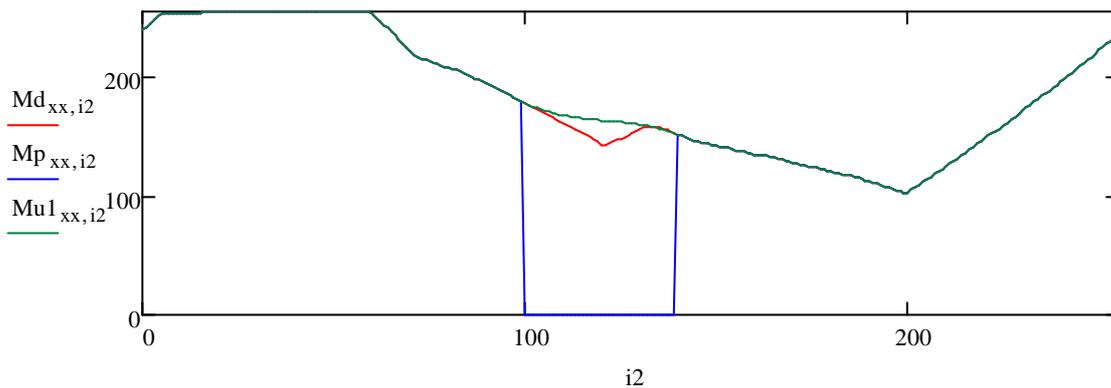


Рис.4. Графики яркости смазанных изображений в зависимости от горизонтальной координаты. Красная линия соответствует рис.1Б, синяя линия – рис.2А, зеленая линия – результат интерполяции полиномом 3 порядка.

Одним из вариантов получения необходимого поведения яркости на затененном участке изображения является использование интерполяции по известным значениям яркости вне полосы затенения. Например, значения 4-х значений яркости (по 2 значения с каждой стороны затенения) позволяет с помощью полинома 3 степени интерполировать значения яркости внутри полосы затенения. Результаты такой интерполяции представлены на рис.4.

На рис.5А представлено изображение, полученное с помощью интерполяции изображения рис.2А. На рис.5Б представлен результат восстановления изображения из изображения рис.5А.



Рис.5. А – изображение, полученное после интерполяции из рис.1Б, Б - результат восстановления изображения рис.5А с помощью АМОИ (ширина полосы затенения равна 40).

Несмотря на то, что на первый взгляд интерполированное смазанное изображение рис.5А не отличается от рис.1Б, эти незаметные на глаз отличия проявляются в виде артефактов на восстановленном изображении рис.5Б. Если ширина затеняющей полосы будет увеличиваться, то количество и интенсивность артефактов также будут увеличиваться. Понятно, что если ширина полосы затенения будет больше величины смаза, то часть информации об изображении будет потеряна безвозвратно. На рис.6 представлено

изображение, восстановленное из смазанного затененного изображения, причем при величине смаза равной 60, ширина полосы равна 80.

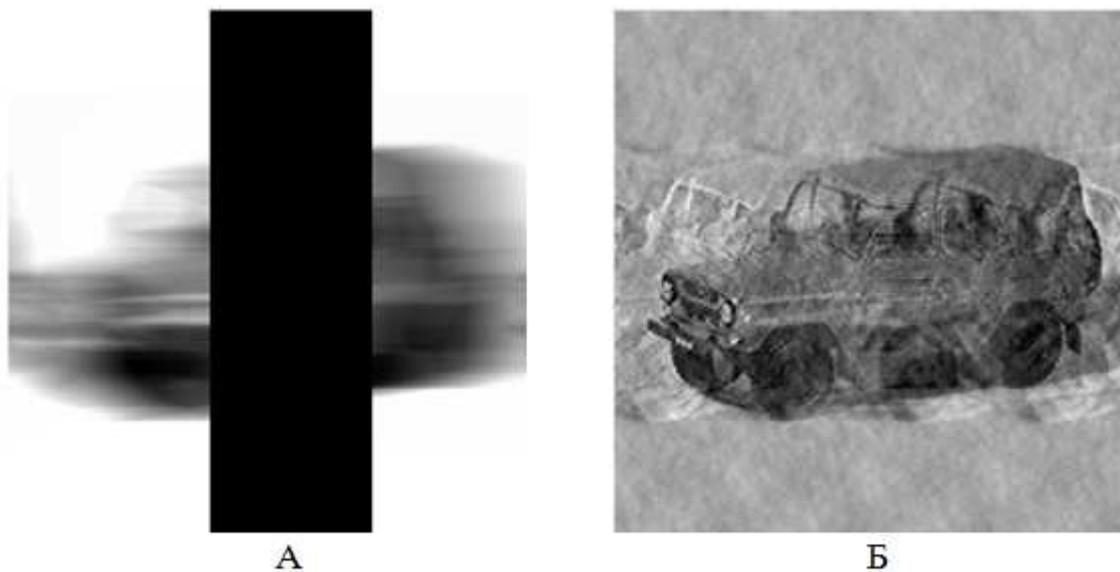


Рис.6. А – смазанное изображение (смаз равен 60), затененное полосой с шириной равной 80, Б - результат восстановления изображения рис.6А после интерполяции.

### Выводы.

1. В данной работе показана принципиальная возможность восстановления частично затененных смазанных изображений.
2. Использование метода опорного изображения позволяет восстановить частично затененное смазанное изображение при условии предварительной полиномиальной интерполяции затененной части изображения.
3. Если ширина затененной части изображения превосходит величину смаза, то происходит невосполнимая потеря части изображения, что проявляется в увеличении артефактов на восстановленном изображении.

### Литература

1. Р. Гонсалес, Р. Вудс. Цифровая обработка изображений. М. «Техносфера», 2005, 1071 стр.

2. А. Ю. Зражевский, А. В. Кокошкин, Е.П. Новичихин, С.В. Титов, «Повышение качества радиоизображений». «Нелинейный Мир», № 9, 2010г., с. 582-590.
3. 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>