

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕФОКУСИРОВАННОГО ЧАСТИЧНО ЗАТЕНЕННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

А. Ю. Зражевский, А.В.Кокошкин, В. А. Коротков, К. В. Коротков
ИРЭ им. В.А.Котельникова РАН, Фрязинский филиал

Статья получена 7 октября 2014 г.

Аннотация. В данной работе, в рамках геометрической оптики рассмотрено проявление на изображении эффектов полузатенений объектов друг другом. Показана возможность восстановления части расфокусированного изображения объекта, затененного другим объектом, с помощью метода опорного изображения.

Ключевые слова: геометрическая оптика, оптический диапазон волн, дефокусированное изображение.

Abstract: In this paper, in the framework of geometrical optics a manifestation of effects of semidarkness of objects by each other is considered. The possibility of recovery of-of-focus image of an object, shaded by another object, using method of the basic image, is shown.

Key words: geometrical optics, optical waveband, defocused image.

Формирование изображения идеальным объективом может сопровождаться, тем не менее, одним видом искажений – дефокусировкой. Одной из проблем, осложняющих восстановление искаженных изображений, является наличие объектов, частично затеняющих интересующий дефокусированный объект. Исследование формирования изображений можно проводить как в рамках приближения Гюйгенса-Френеля, так и в приближении геометрической оптики [1]. Ранее были рассмотрены возможности восстановления дефокусированных как одиночных [2], так и групп изображений [3]. Восстановление частично затененных дефокусированных изображений ранее рассматривалось только как восстановление незатененной

части изображения [3]. Эффекты полузатенений дефокусированных изображений ранее рассматривались для случая больших апертур объективов, сравнимых с размерами затеняющего объекта или больше его [4].

В данной работе рассматривается случай небольших по сравнению с объектами апертур объективов, что более соответствует оптическому диапазону длин волн.

Рассмотрим схему расположения объектов и объектива на Рис.1.

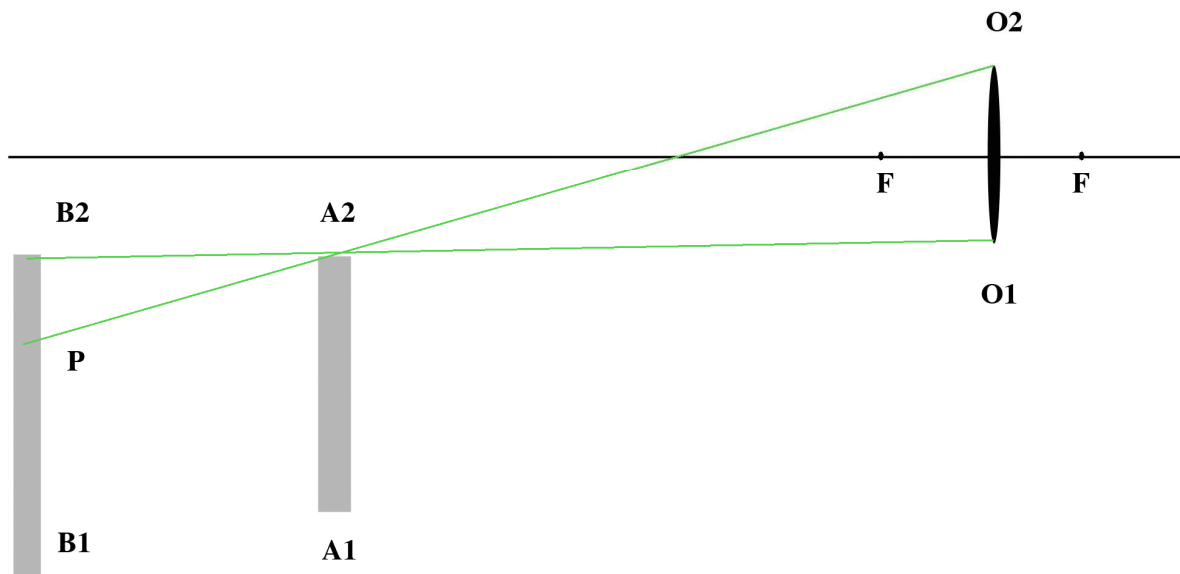


Рис.1. Схема расположения объектов (A1-A2, B1-B2) и объектива O1-O2. F – фокусное расстояние, P – точка на объекте B1-B2, соответствующая границе областей полузатенения и полного затенения.

Необходимым условием полного восстановления затененного дефокусированного объекта является условие превосходства апертуры объектива над одним из размеров затеняющего объекта. Для случая малых апертур это условие может выполняться, например, если затеняющий объект сильно вытянут в одном направлении (провод, ветка, решетка т.п.). Для иных случаев следует надеяться только на частичное восстановление затененного объекта. Например, на Рис.1 представлен случай, в котором следует надеяться на восстановление частично затененной области P-B2 объекта B1-B2. Величину

этой области можно оценить по формуле:

$$\Delta B = D \frac{R_1}{R_{12}}, \quad (1)$$

где ΔB - полузатененная область P-B2, D - апертура объектива, R_1 - расстояние между объектом A1-A2 и объективом O1-O2 и R_{12} - расстояние между объектами A1-A2 и B1-B2.

Ранее [4] показано, что изображение, полученное в месте формирования изображения объекта A1-A2, состоит из неперекрывающихся областей, соответствующих изображениям разных объектов. Вся энергия лучей, формирующих изображение затененного объекта B1-B2, находится в области не занятой изображением затеняющего объекта A1-A2. В работе [5] показано, что знание этого расфокусированного изображения объекта B1-B2 достаточно для восстановления сфокусированного изображения объекта B1-B2. На примере реальной фотографии, представленной на Рис.2, исследуем возможности восстановления части изображения, затененного черным прямоугольником.



Рис.2. Исходная фотография расфокусированного изображения.

Восстановление расфокусированного изображения Рис.2 с помощью метода опорного изображения (МОИ) [2] дает результат, представленный на Рис.3.



Рис.3. Изображение Рис.2, восстановленное МОИ с аппаратной функцией Баттерворта [2], с параметрами $nb = 6$, $S_0 = 10$.



Рис.4. Изображение Рис.2, затененное черным прямоугольником шириной 14 пикселей.

На Рис.3 восстановленное изображение содержит характерные артефакты, наличие которых говорит об отличии реальной аппаратной функции (АФ) объектива фотоаппарата от используемой при восстановлении функции Баттерворта. Закроем (удалим) часть расфокусированного изображения черным прямоугольником, ширина которого превосходит высоту букв надписи на изображении на Рис.2 и получим изображение, представленное на Рис.4.

Попытаемся восстановить дефокусированное изображение Рис.4 с помощью МОИ. Получим результат, представленный на Рис.5.

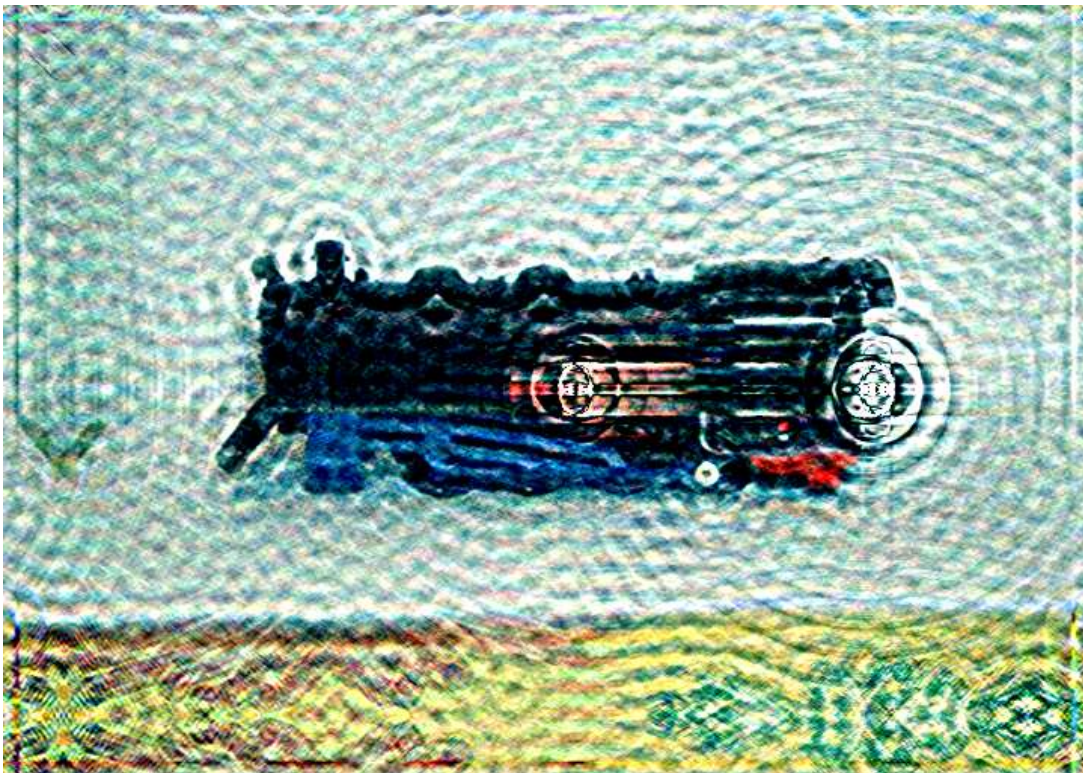


Рис.5. Восстановленное с помощью МОИ изображение Рис.4.

Если мы будем восстанавливать дефокусированное изображение Рис.4, часть которого затенена, с помощью какого-либо известного метода, основанного на деконволюции (Винера [3], МОИ), то не только не получится восстановить затененную часть изображения, но и остальное незатененное

изображение будет искажено появившимися из-за затемняющего прямоугольника артефактами.

Расфокусированное изображение в силу того, что объектив выступает как фильтр низких частот, имеет вид сглаженный, с отсутствием мелких деталей изображения. Как показано в [4], эта особенность позволяет заменить отсутствующую часть расфокусированного изображения, затемненного другим объектом, на изображение, полученное, например, с помощью интерполяции известной части изображения. В данной работе мы будем использовать линейную интерполяцию[4]. После применения такой интерполяции получаем изображение, представленное на Рис.6.



Рис.6. Изображение Рис.4 с дополненной с помощью интерполяции части отсутствующего изображения.

Сравнение изображений Рис.2 и Рис.5 позволяет сделать вывод о незначительных отличиях этих изображений. Теперь применение МОИ к интерполированному изображению Рис.6 приводит к результату, представленному на Рис.7.



Рис.7. Изображение, восстановленное из Рис.6.

Сравнение изображений на Рис.3 и на Рис.7 позволяет сделать вывод о том, что затененная часть изображения восстановлена полностью, хотя и с незначительным ухудшением качества из-за влияния затеняющего изображения. Увеличение ширины затеняющего прямоугольника вызывает ухудшение качества восстановления, и, когда его ширина станет больше $2S_0 = 20$, часть затененного изображения восстановить не удастся. Это объясняется тем, что часть затененного объекта стала не полузатененной, а затененной полностью.

На Рис.8 представлено изображение с затененной частью шириной в 40 пикселей.

На Рис.9 представлено восстановленное с помощью МОИ интерполированное изображение.



Рис.8. Изображение Рис.2, затененное черным прямоугольником шириной 40 пикселей.

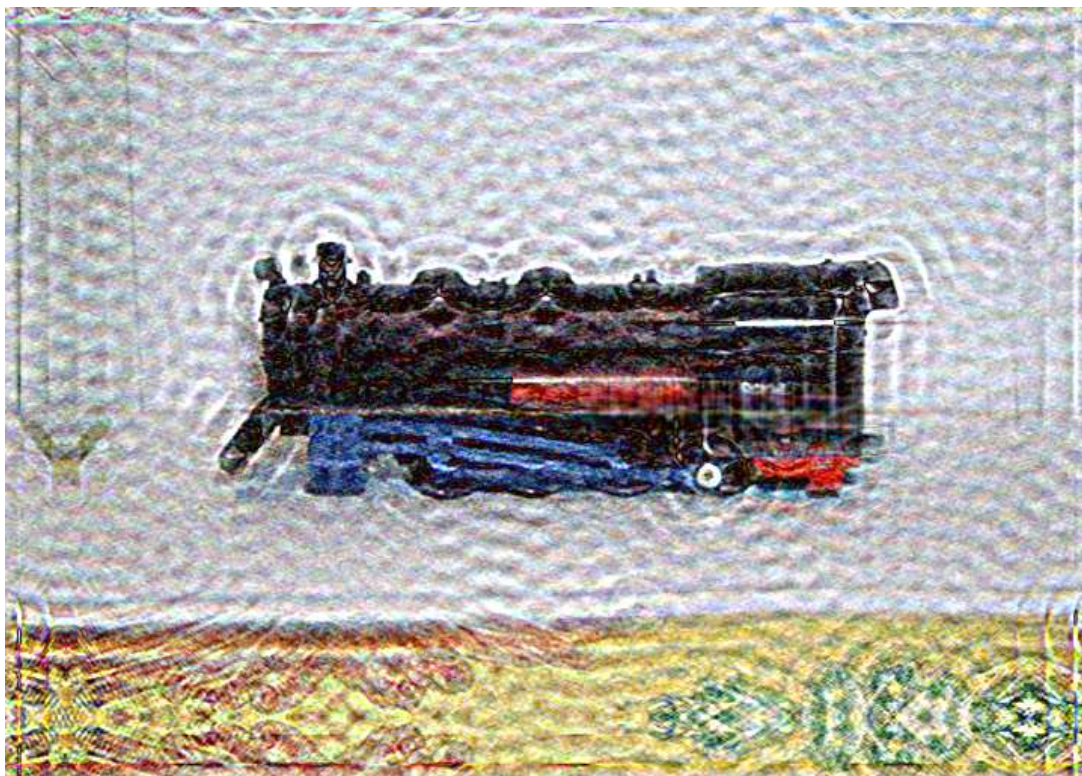


Рис.9. Восстановленное с помощью МОИ из Рис.8 с предварительной интерполяцией изображение.

Сравнение Рис.3, Рис.7 и Рис.9 позволяет сделать вывод о том, что восстанавливается только та часть затененного изображения, которая отстояла от края затеняющего прямоугольника на расстояние не превышающее $S_0 = 10$ пикселей.

Ранее рассмотренные случаи затенения относились к случаям затеняющего объекта сильно вытянутой формы и относительно тонкого. Рассмотрим случай протяженного затеняющего объекта (стена, край фотографии и т.д.). В качестве затененного объекта будет выступать объект, изображенный на Рис.10.



Рис.10 Исходное сфокусированное изображение.

Воздействуем на изображение Рис.10 аппаратной функцией Баттерворта с $S_0 = 10$ и затеним полученное изображение черным прямоугольником, изображающим протяженный затеняющий объект. Получим изображение, представленное на Рис.11.



Рис.11. Расфокусированное частично затененное изображение $S_0 = 10$.

Восстановим изображение на Рис.11 с помощью МОИ по описанной выше процедуре. Получим изображение, представленное на Рис.12.



Рис.12 Восстановленное изображении Рис.11 $S_0 = 10$.

Пусть теперь затеняющий объект остается прежним, а мы увеличим величину дефокусировки до $S_0 = 40$. Получим изображение, представленное на Рис.13.

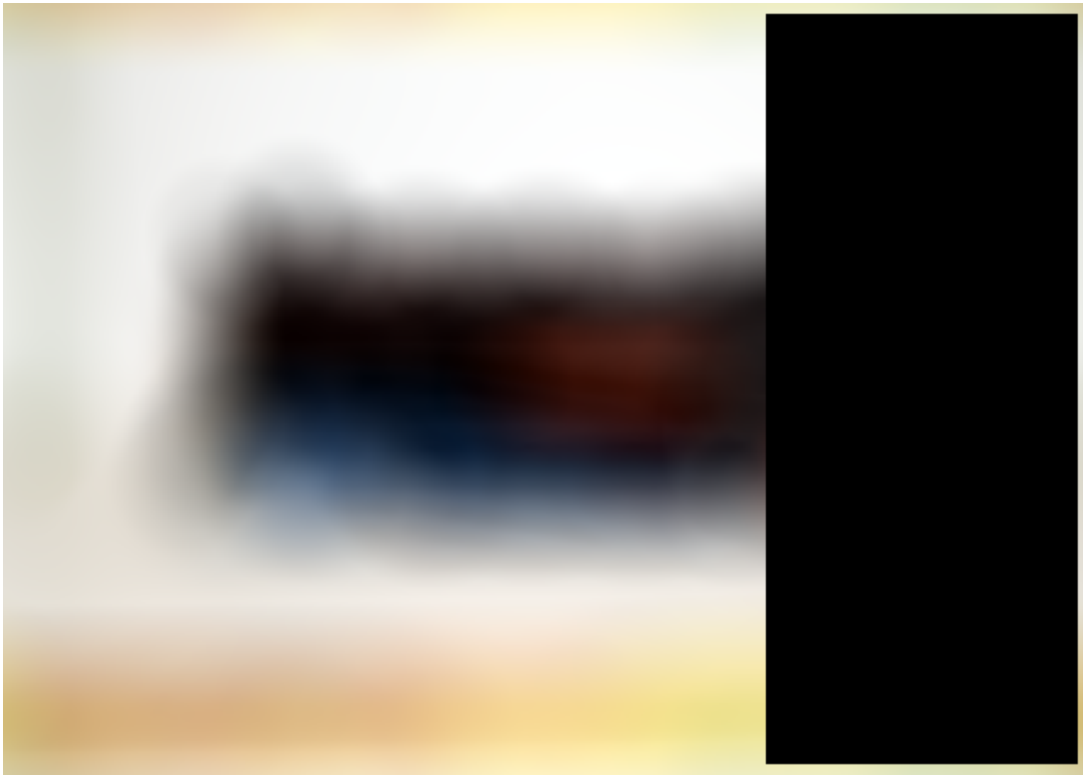


Рис.13. Расфокусированное частично затененное изображение $S_0 = 40$.

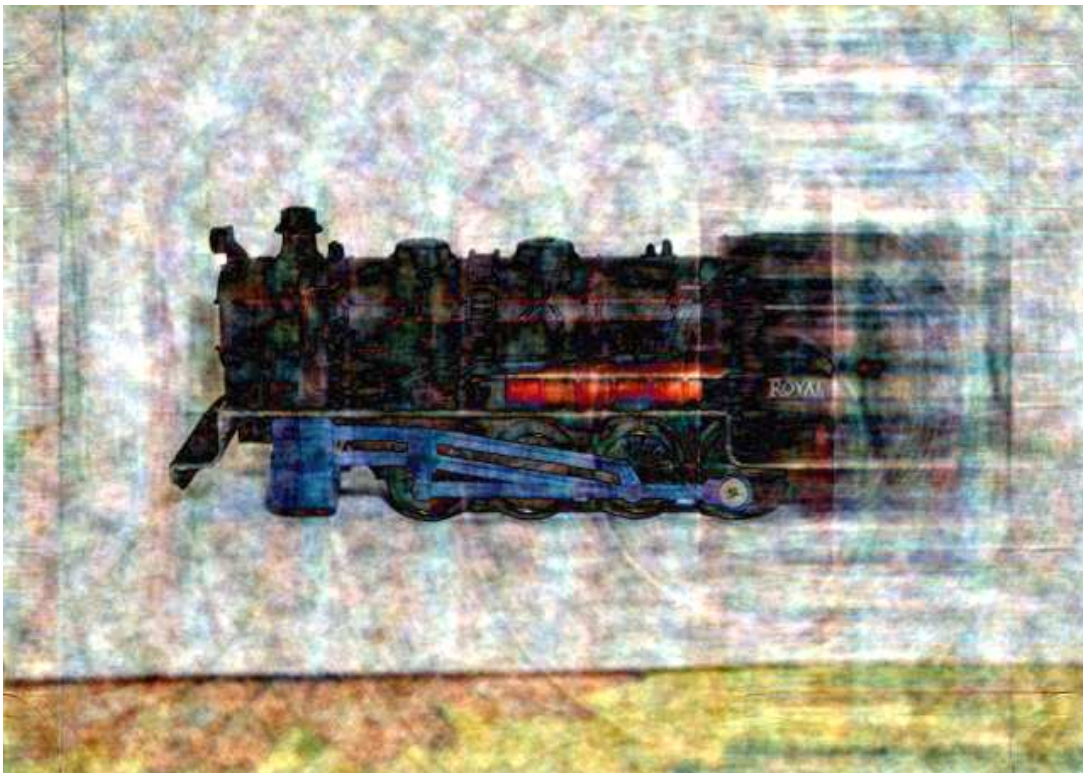


Рис.14. Восстановленное изображение Рис.13 $S_0 = 40$.

Восстановление изображения на Рис.13 с помощью МОИ даст результат, представленный на Рис.14.

Сравнение восстановленных изображений Рис.12 с $S_0 = 10$ и Рис.14 с $S_0 = 40$ позволяет сделать вывод о том, что увеличение величины дефокусировки позволяет после восстановления дефокусированного изображения «заглянуть» дальше за границу затеняющего объекта.

Выводы:

1. В работе показано, что восстановление без предварительной обработки расфокусированного изображения частично затененного объекта с помощью методов деконволюции невозможно.
2. При использовании МОИ для восстановления расфокусированного изображения затененного объекта необходима предварительная обработка этого изображения с помощью метода интерполяции.
3. Невосстановимая область определяется размером затеняющего объекта и величиной расфокусировки изображения интересующего объекта.

Литература

1. В.А.Зверев. Радиооптика. М. «Советское радио». 1975г.
2. 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>.
3. А. Ю. Зражевский, В. А. Коротков, К.В. Коротков. Типичные проблемы восстановления изображений: дефокусировка и смазанное изображение. Результаты применения метода опорного изображения. // Журнал Радиоэлектроники [электронный журнал] 2014. №4. URL: <http://jre.cplire.ru/jre/apr14/11/text.html>.

4. А. Ю. Зражевский, В. А. Коротков, К.В. Коротков. Эффекты полузатенения на изображении, сформированном объективом с большой апертурой. // Журнал Радиоэлектроники [электронный журнал] 2014. №9. URL: <http://jre.cplire.ru/jre/sep14/7/text.html>.