

УДК 621.396

**УМЕНЬШЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕИЗВЕСТНЫХ БОКОВЫХ ЛЕПЕСТКОВ
ИСКАЖАЮЩЕЙ АППАРАТНОЙ ФУНКЦИИ НА КАЧЕСТВО
ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАДИОИЗОБРАЖЕНИЯ.**

**А. В. Кокошкин, В. А. Коротков, К. В. Коротков, Е. П. Новичихин
Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН,
Фрязинский филиал**

Статья получена 21 апреля 2015 г.

Аннотация. В работе предложен метод компенсации влияния неизвестных боковых лепестков искажающей аппаратной функции на качество восстановления радиоизображения. Знание амплитудного спектра главного лепестка аппаратной функции используется чтобы оценить его вклад в спектр изображения.

Ключевые слова: боковые лепестки, компенсация, радиоизображение.

Abstract: In this paper we propose a method for compensating for the effect of unknown side-lobe distorting the apparatus function on the radio image quality restoration. Knowledge of the amplitude spectrum of the main lobe of the apparatus function is used to assess its contribution to the spectrum of the image.

Key words: side lobes, compensation, radio image.

Качество сформированного оптической системой изображения сильно зависит от ее аппаратной функции (АФ). Результат восстановления изображения определяется как методом восстановления, так и формой АФ и ее параметрами [1]. В силу определенных трудностей форма АФ известна чаще всего в пределах главного лепестка (ГЛ). Поэтому при восстановлении изображения неизвестные боковые лепестки (БЛ) вносят ошибки, величина которых зависит от формы АФ и амплитуды боковых лепестков [5-9]. При использовании метода опорного изображения происходит частичная компенсация ошибок в оценке формы АФ [3,4]. Однако увеличение амплитуды

БЛ приводит к увеличению вклада БЛ в формирование радиоизображения по сравнению с ГЛ и восстановление изображения без учета БЛ становится невозможным [5-9].

В данной работе предлагается метод частичной компенсации вклада БЛ в формирование изображения с помощью универсального опорного спектра изображения (УОС) [4].

Рассмотрим формирование изображения на примере АФ использованной в работах [7-9]:

$$h = h_1 + \alpha h_2, \quad (1)$$

где α - уровень бокового лепестка относительно основного максимума,

$$h_1 = \begin{cases} \cos^2(\pi r / 2r_0), & 0 \leq r < r_0 \\ 0, & r \geq r_0 \end{cases}, \quad (2a)$$

$$h_2 = \begin{cases} \cos^2(\pi r / 2r_0), & r_0 \leq r < 3r_0 \\ 0, & 0 \leq r < r_0, r \geq 3r_0 \end{cases}, \quad (2b)$$

r_0 - радиус (половина ширины) главного лепестка.

При заданной форме главного и бокового лепестков (2), при $\alpha = 1$, отношение энергии БЛ к энергии ГЛ равно 13.45. Это говорит о том, что даже если амплитуда БЛ составляет десятую долю от ГЛ, вклад БЛ в формирование изображения может превосходить ГЛ.

На Рис.1 представлены графики нормированных АФ и ее спектра при $\alpha = 0$ (вся энергия содержится в ГЛ).

На Рис.2 представлены графики нормированных АФ и ее спектра при $\alpha = 0.15$ (отношение энергии БЛ к энергии ГЛ равно 2).

Сравнение Рис.1А и Рис.2А показывает, что наличие БЛ проявляется в виде кольца вокруг ГЛ. Сравнение Рис.1Б и Рис.2Б позволяет сделать вывод о том, что появление БЛ значительно деформирует суммарный (ГЛ и БЛ) спектр АФ. Вследствие того, что БЛ расположен на большем пространстве, чем ГЛ, основная энергия спектра БЛ сосредотачивается в области низких частот и проявляется в виде относительно узкого пика на Рис.2Б. Такую особенность

проявления БЛ в спектре АФ можно использовать для выделения спектре изображения той части спектра, которая связана с БЛ.

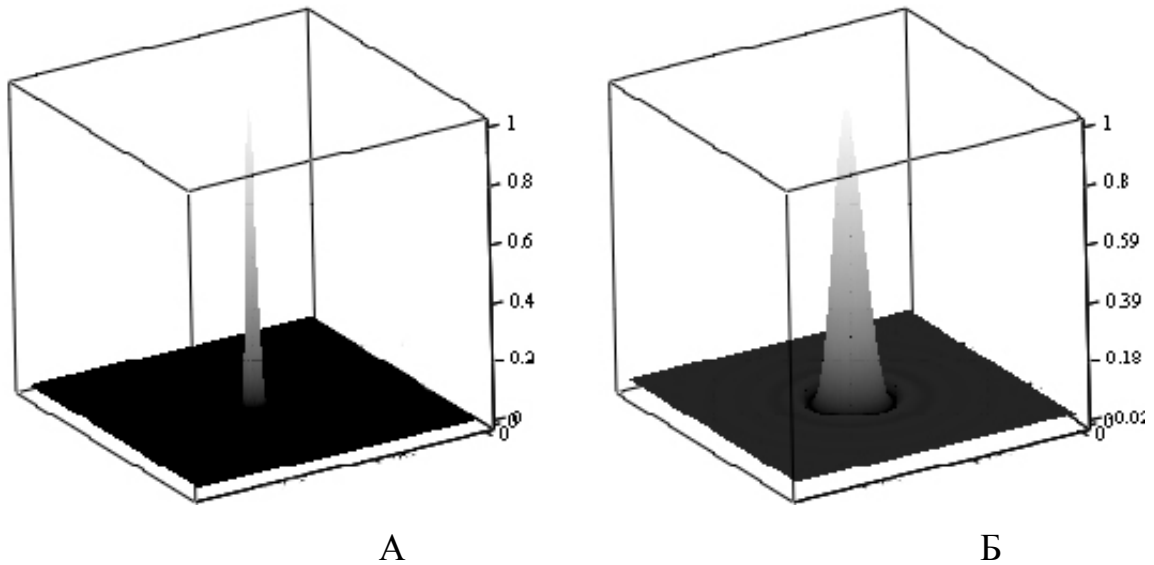


Рис.1. Графики нормированных АФ – А и ее пространственного спектра – Б при $\alpha = 0, r_0 = 10$.

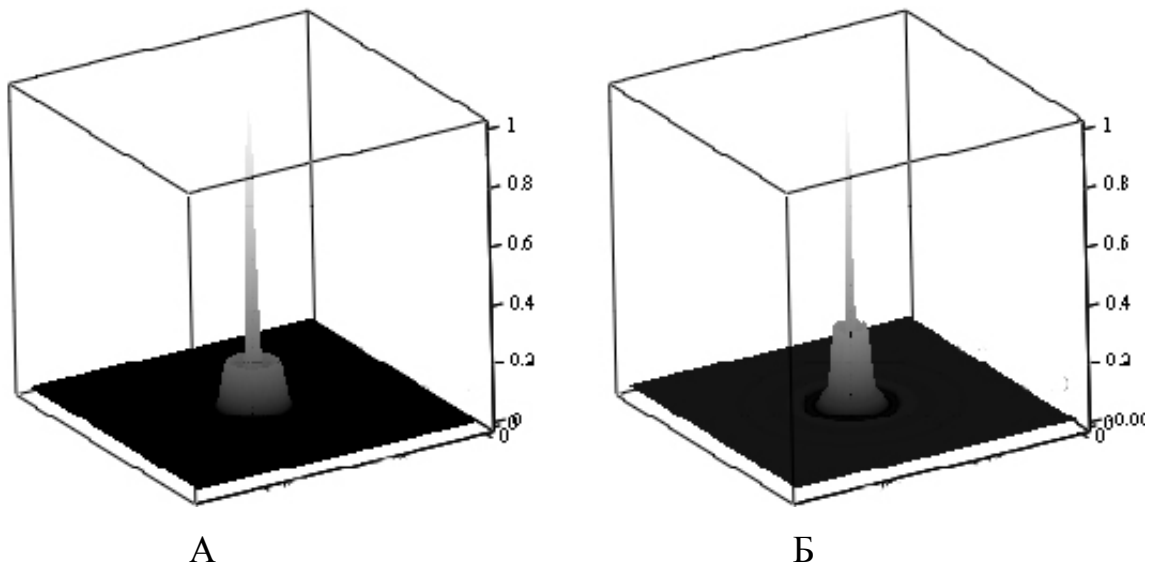


Рис.2. Графики нормированных АФ – А и ее пространственного спектра – Б при $\alpha = 0.15, r_0 = 10$.

Для того чтобы оценить вклады ГЛ и БЛ в спектр изображения необходимо знать спектр исходного неискаженного изображения. В качестве этого спектра мы будем использовать универсальный опорный спектр – УОС [4]:

$$FMo(i, j) = A * [B1 * \exp(-G1 * R^{0.75}) + B2 * \exp(-G2 * R^{0.12})], \quad (3)$$

где $A = 128$ - половина максимальной яркости, $B1 = 0.55$, $B2 = 0.45$, $G1 = 2.5$, $G2 = 1.5$, $R = i^2 + j^2$.

В качестве тестового исходного неискаженного изображения используем изображение на Рис.3А (Barbara) 256x256 пикселей.



А

Б

Рис.3. Исходное изображение (Barbara) - А, искаженное АФ изображение – Б при $\alpha = 0.15$, $r_0 = 10$.

Если модуль спектра искаженного изображения Рис.2Б разделить на модуль спектра УОС (3), то получим оценку искажающей изображение АФ – Рис.4А. Предполагается, что форму ГЛ мы знаем (2а). Если, минимизируя среднеквадратичное отклонение, мы аппроксимируем график на Рис.4А с помощью (2а), то узнаем амплитуду спектра ГЛ. Если верно предположение о том, что значения спектра АФ больше, чем значения спектра ГЛ вызваны действием БЛ, то приравнявая эти значения ГЛ получим график на Рис.4Б. Умножение значений модуля спектра АФ с выделенным ГЛ – Рис.4Б на модуль спектра УОС (3) позволяет получить оценку модуля спектра изображения, сформированного ГЛ. Фазу спектра изображения, сформированного ГЛ, возьмем равной фазе спектра изображения, сформированного полной АФ (ГЛ+БЛ). Обратное преобразование Фурье этого спектра позволяет получить

восстановленное изображение. Следует отметить, что произведенные манипуляции со спектрами вызывают потерю информации о яркости восстановленного изображения. Поэтому целесообразно полученное изображение нормировать. Величина потерь информации о яркости зависит от того, насколько сильно отличается УОС от спектра неискаженного изображения, какая величина и форма БЛ.

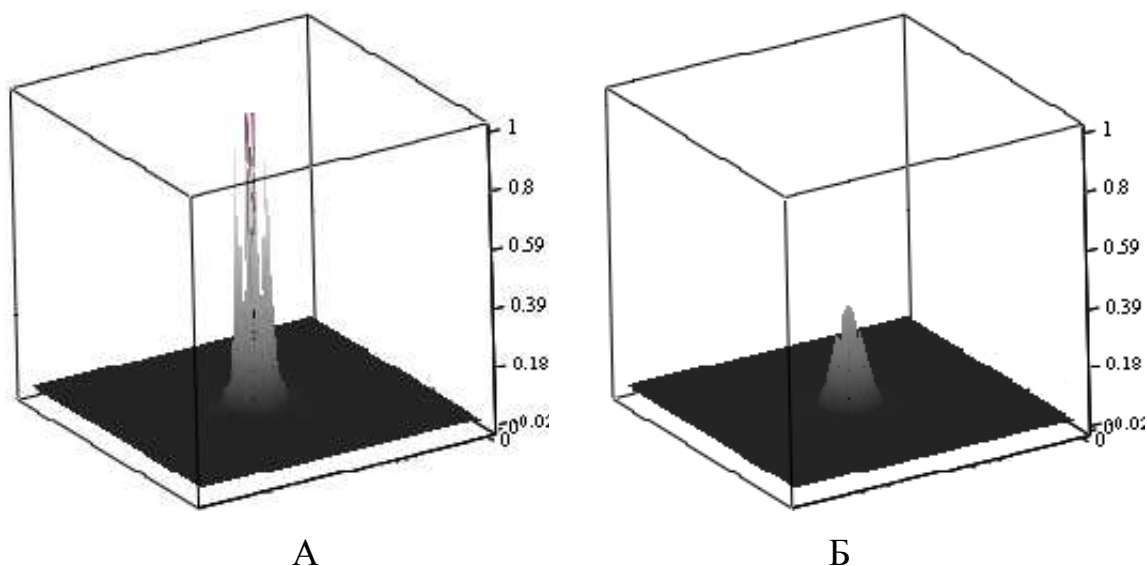
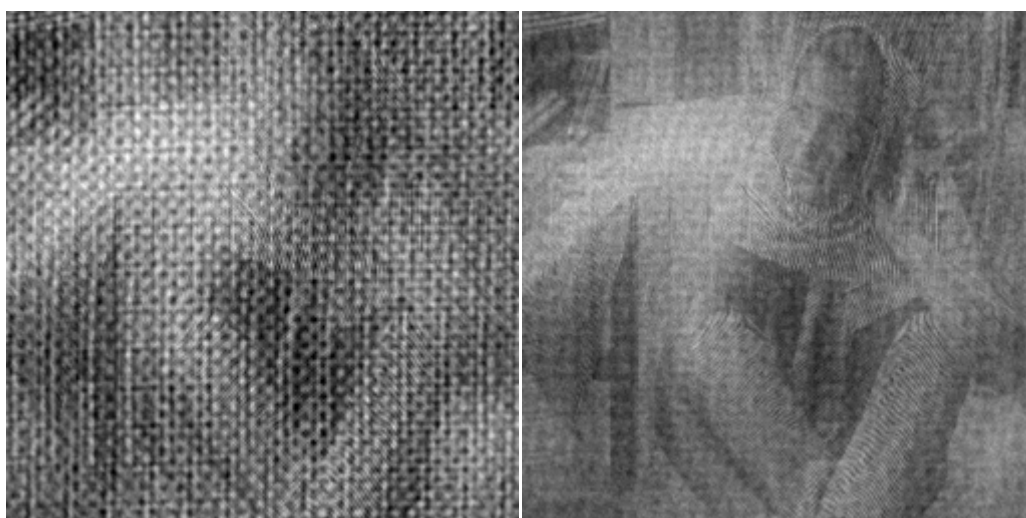


Рис.4. Модули спектров оценки АФ с помощью УОС. Спектр АФ полный (ГЛ+БЛ) – А, спектр АФ с выделенным ГЛ – Б. График на Рис.4А обрезан сверху значением 1.



А

Б

Рис.5. Результаты восстановления Рис.3Б без компенсации БЛ с помощью ФВ – А, с помощью МОИ – Б.



А

Б

Рис.6. Результаты восстановления Рис.3Б с компенсацией БЛ с помощью ФВ – А, с помощью МОИ – Б.

На Рис.5 представлены результаты восстановления Рис.3Б без компенсации БЛ с помощью фильтрации Винера – ФВ [1] и метода опорного изображения – МОИ [2-4]. На Рис.6 представлены результаты восстановления Рис.3Б с компенсацией БЛ с помощью ФВ и МОИ. Сравнение Рис.5 с Рис.6 позволяет сделать вывод об высокой эффективности предлагаемого алгоритма устранения влияния БЛ. Восстановление изображения – Рис.6 было выполнено несмотря на то, что при заданных параметрах АФ вклад в изображение БЛ в 2 раза превосходил вклад ГЛ.

Выводы

1. Боковые лепестки аппаратной функции, несмотря на небольшую амплитуду, по сравнению с главным лепестком, могут давать в формируемое изображение энергетически больший вклад, чем главный лепесток.
2. Если энергетический вклад БЛ в формируемое изображение значителен и форма БЛ неизвестна, то восстановление изображения известными методами может стать бесперспективным.
3. Применение предлагаемого алгоритма частично устраняет вклад в изображение БЛ.

4. Восстановление изображения после частичного устранения вклада БЛ становится возможным даже в том случае, когда энергетическое влияние БЛ более чем в 2 раза превосходит энергетическое влияние ГЛ.

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>
4. 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>
5. А. Ю. Зражевский, А. В. Кокошкин Влияние уровня боковых лепестков аппаратной функции на качество восстановленного изображения. // Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. 2013. №4 , URL: <http://jre.cplire.ru/jre/apr13/8/text.html>
6. А. Ю. Зражевский, А. В. Кокошкин, В. А. Коротков Влияние уровня боковых лепестков аппаратной функции на качество восстановленного изображения. Часть 2. Спектральный подход. // Журнал

радиоэлектроники [электронный журнал]. 2013. №11, URL:
<http://jre.cplire.ru/jre/nov13/4/text.html>

7. Пирогов Ю.А., Гладун В.В., Тищенко Д.А., Тимановский А.Л., Шлемин И.В, Джен С.Ф. Сверхразрешение в системах радиовидения миллиметрового диапазона. // Журнал радиоэлектроники [электронный журнал]. 2004. №3, – Март. URL: <http://jre.cplire.ru/jre/mar04/3/text.html>
8. Ю. А. Пирогов, А. Л. Тимановский, Влияние боковых лепестков диаграммы направленности приемной антенны на сверхразрешение в системах пассивного радиовидения, Вестник Московского университета. Серия 3. Физика. Астрономия. 2006. №1
9. А.Л. Тимановский. Сверхразрешение в системах пассивного радиовидения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. 2007.