

УДК 519.67 + 681.5

К.С. Смеляков

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба

## ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ФИЛЬТРЫ РЕЗКОСТИ

*В работе рассматриваются подходы к построению фильтров резкости изображений с учетом особенностей получения цифровых изображений реальных сцен в отношении результатов дискретизации и квантования.*

*изображение, тень изображения, граница, фильтр, резкость*

### Постановка проблемы

Основная цель повышения резкости заключается в том, чтобы сделать более контрастными границы изображений, что особенно важно для сравнительно небольших и слабоконтрастных объектов [1 – 4]. Повышение резкости изображений используется достаточно широко – от электронной печати и медицинской интроскопии до технического контроля в промышленности [5]. Во многих источниках, при этом полагается, что если расфокусировка достигается пространственным усреднением яркостей по окрестностям, что является аналогом интегрирования, то повышение резкости может быть достигнуто пространственным дифференцированием [3, 5]. Для повышения резкости изображений в настоящее время разработано немало приемов. Общий подход к решению этой задачи сводится к применению функции контрастирования изображения

$$g(x, y) = f(x, y) - C \cdot S(x, y),$$

где  $f(x, y)$  – яркость исходного изображения;  $g(x, y)$  – яркость улучшенного изображения;  $C$  – коэффициент повышения резкости, а  $S(x, y)$  – мера отклонения яркости, оцениваемая на основе оператора дифференцирования [2].

Широко используемым для целей повышения резкости является лапласиан. Обобщенный алгоритм использования лапласиана (без коэффициента резкости) для улучшения изображения сводится к применению следующего правила

$$g(x, y) = \begin{cases} f(x, y) - \nabla^2 f(x, y), & \text{если } w(0,0) < 0; \\ f(x, y) + \nabla^2 f(x, y), & \text{если } w(0,0) \geq 0, \end{cases}$$

где  $w(0,0)$  – значение центрального коэффициента маски лапласиана [5].

Кроме лапласиана, для целей повышения резкости могут использоваться и иные операторы дифференцирования, например, градиент, а также комбинированные методы повышения резкости, основанные на использовании нескольких операторов дифференцирования, для учета индивидуальных

особенностей изображений.

Хотя при решении многих задач обработки изображений для целей их визуального анализа человеком существующие в настоящее время методы повышения резкости изображений зарекомендовали себя неплохо, однако для целей машинной обработки это не всегда так.

Общим свойством существующих методов повышения резкости является тот факт, что эти методы рассматриваются в отрыве от особенностей получения цифровых изображений реальных сцен, связанных с формированием тени изображения, являющейся одним из главных факторов сглаживания границ. Кроме того, применение существующих фильтров резкости (после нахождения суммы функции яркости и ее производной) приводит к кардинальному изменению распределений яркости изображений, что для целей машинной обработки часто является неприемлемым [6].

Поэтому актуальной является задача разработки фильтра резкости, учитывающего особенности получения цифровых изображений реальных сцен в отношении формирования тени изображений, применение которого приводит к контролируемому повышению резкости изображений без кардинального изменения распределений яркости внутренности изображений.

### Повышение резкости за счет исключения пикселей тени изображений

Суть получения цифрового изображения состоит в том, чтобы имеющееся аналоговое изображение рассматриваемой сцены или соответствующее ему распределение излучения на регистрирующем элементе подвергнуть операциям пространственной дискретизации и энергетического квантования по уровням яркости (рис. 1).

За операцию квантования при этом отвечает аналого-цифровой преобразователь (АЦП). После фильтрации рассматриваемого спектрального диапазона  $\Delta\lambda = [\Lambda_0, \Lambda]$  и определения времени реги-

страции излучения  $\Delta t = [0, T]$  суть работы АЦП состоит в том, чтобы каждой области разбиения  $\omega_{\xi\eta}$ , полученной в результате дискретизации, сопоставить значение яркости  $f_{\xi\eta}$  в заданной шкале. Функция яркости цифрового изображения при этом определяется энергией излучения объекта поля зрения  $W = W(\varphi, \rho, \theta; t, \lambda)$ , приходящегося на область  $\omega_{\xi\eta}$ , за рассматриваемый промежуток времени  $\Delta t$  на спектральном интервале  $\Delta\lambda$  и принимает целочисленное неотрицательное значение или ноль. В результате оцифровки, таким образом, получаем цифровое изображение, представляемое на ЭВМ в виде матрицы значений яркости  $F = \{f_{\xi\eta}\}_{\xi\eta}$ .

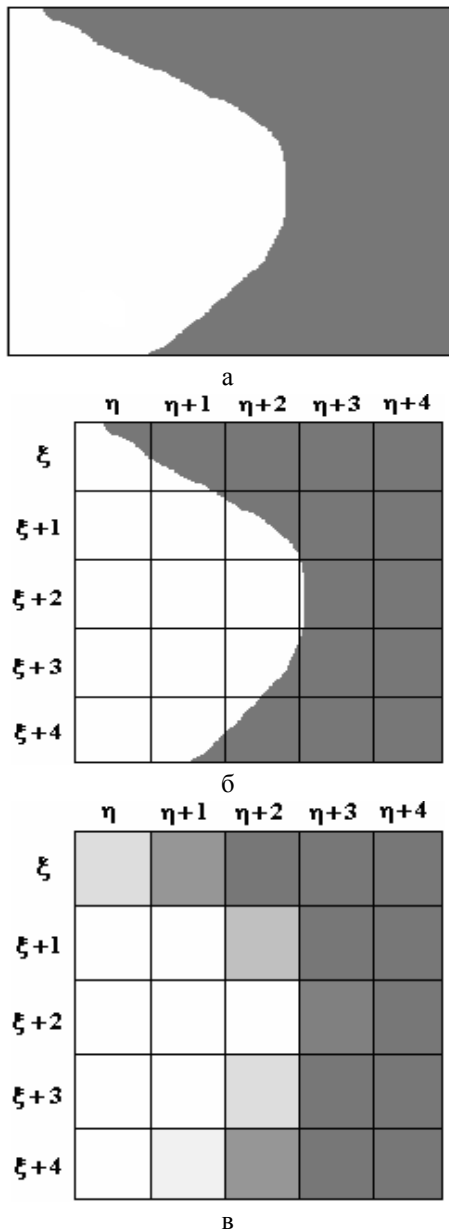


Рис. 1. Оцифровка фрагмента изображения:  
а – фрагмент аналогового полутонового изображения;  
б – дискретизация; в – квантование изображения  
При этом ключевым фактором, ограничиваю-

щим возможность однозначного различения пикселей объекта и фона и приводящим к сглаживанию границ изображений, является наличие “тени” изображения, образованной при оцифровке множеством пикселей, яркость которых принимает промежуточное значение между яркостями объекта и фона. Появление пикселей тени обуславливается тем, что некоторым областям разбиения поля зрения  $\omega_{\xi\eta}$  при оцифровке отвечает одновременно и фрагмент объекта, и фрагмент фона (рис. 1, б, в).

При этом в ряде довольно известных источников по обработке изображений описание процесса оцифровки производится так (рис. 2), что складывается впечатление, что никакой тени вообще не существует, а переход от объекта к фону характеризуется скачком [5].

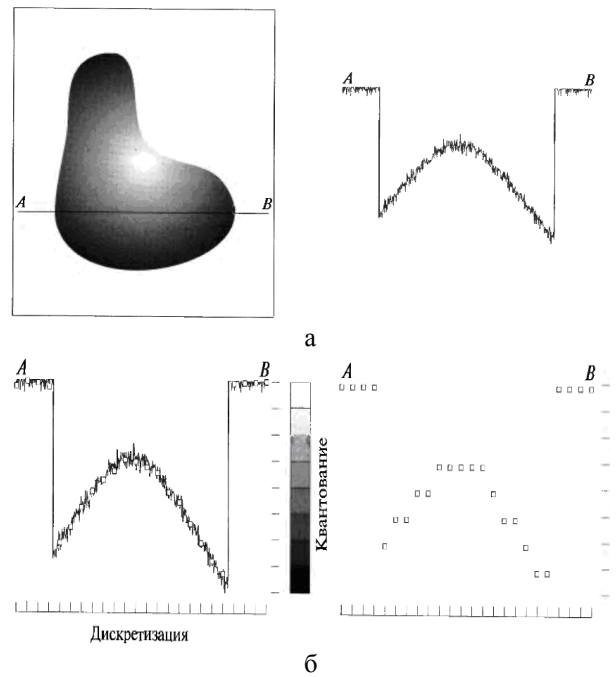


Рис. 2. Формирование цифрового изображения:  
непрерывное изображение и распределение яркости вдоль отрезка сканирования АВ (а), дискретизация и квантование распределения яркости вдоль отрезка АВ (б) [5]

Однако при оцифровке реальных сцен это не так. Наличие тени изображения является одним из важнейших факторов снижения контрастности изображений, поскольку пиксели тени располагаются между объектом и фоном и способствуют сглаживанию переходов между ними по яркости и контрастности (рис. 3).

Таким образом, учитывая модель формирования цифрового изображения, следует сделать вывод о том, что для целей адекватного повышения резкости изображений важнейшей является задача устранения пикселей тени изображения. При этом наиболее естественным является метод избирательной фильтрации пикселей тени изображения на основе

применения критерия максимума правдоподобия (рис. 4).

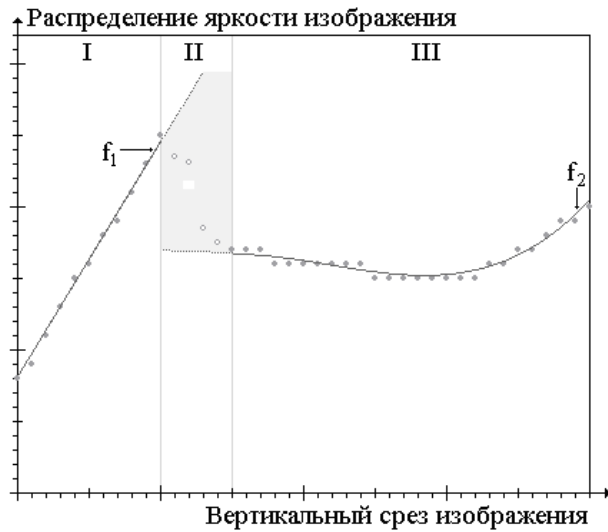


Рис. 3. Распределение яркости фрагмента входного изображения в плоском срезе: I, III – области изображений объектов и фона с аппроксимантами  $f_1$  и  $f_2$ , а II – область тени

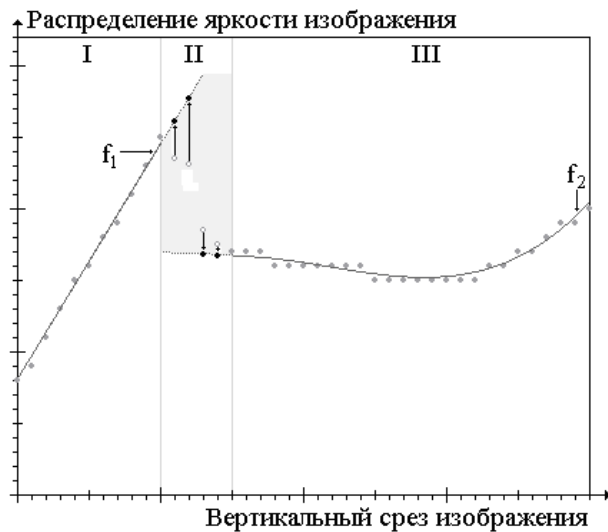


Рис. 4. Устранение пикселей тени (○→●) по принципу максимума правдоподобия

Идея этого метода заключается в том, чтобы в ходе сканирования входного изображения некоторой окрестностью находить пиксели тени изображения, и затем производить замену их яркости на яркость приграничных пикселей объекта или фона в рассматриваемой окрестности по критерию максимума правдоподобия.

## Выводы

Рассмотрение основных аспектов оцифровки показывает, что получение цифрового изображения реальной сцены всегда характеризуется появлением тени изображения, образованной множеством пикселей, яркость которых принимает промежуточное значение между яркостями объекта и фона. Появление пикселей тени обуславливается тем, что некоторым областям разбиения поля зрения при оцифровке отвечает одновременно и фрагмент объекта, и фрагмент фона. Кроме того, появление пикселей тени – это обычный эффект в условиях применения пространственных фильтров шума. В свою очередь наличие тени изображения приводит к сглаживанию границ изображений относительно фона в отношении появления плавного перехода между ними. Учет этого факта и ориентация на избирательную фильтрацию пикселей тени изображения с использованием критерия максимума правдоподобия позволяет произвести адекватное повышение резкости изображений в отношении возврата темных пикселей их изображениям и неискажение распределения яркости внутренности.

## Список литературы

1. Chen C.H., Pau L.F., Wang P.S.P. *Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision*. – London (UK): Word Scientific Publishing Company, 1993. – 984 p.
2. Sonka M., Hlavak V., Boyle R. *Image processing, analysis, and machine vision*. – California (USA): Cole Publishing Company, 1999. – 770 p.
3. Форсайт Д., Понс Ж. *Компьютерное зрение. Современный подход: Пер. с англ.* – М.: ВИЛЬЯМС, 2004. – 928 с.
4. *Введение в контурный анализ; приложения к обработке изображений и сигналов / Я.А. Фурман, А.В. Кревецкий, А.К. Передреев, А.А. Роженцов, Р.Г. Хафизов, И.Л. Егошина, А.Н. Леухин: Под ред. Я.А. Фурмана.* – 2-е изд., испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 592 с.
5. Gonzalez R., Woods R. *Digital Image Processing. Second Edition*. – Prentice Hall, 2002. – 793 p.
6. Смеляков К.С. *Модели и методы сегментации границ изображений нерегулярного вида на основе адаптивных масок: Дис. ... канд. техн. наук: 09.03.05.* – Х., 2005. – 162 с.

Поступила в редколлегию 26.03.2007

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.А. Краснобаев, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.