

Многомасштабное ранговое статистическое дифференцирование: улучшение слабоконтрастных зашумленных изображений

М.В. Сторожилова¹, Д.В. Юрин²

^{1,2} Московский государственный университет им. М.В.Ломоносова
E-mail: mariastorozhilova@gmail.com¹, yurin@cs.msu.su²

При наблюдении в плохих условиях освещения цифровые изображения получают мало контрастными и сильно зашумленными. Поэтому актуальной задачей является улучшение качества изображений путем повышения контраста и подавления шумов. Однако эти две цели часто вступают в противоречие друг с другом: повышение контраста одновременно усиливает и шумы, а фильтрация наряду с шумами подавляет и полезную информацию. Более того, при сглаживании возникают ложные границы, сопоставимые по яркости с границами слабоконтрастных объектов.

В качестве решения указанной проблемы предлагается многомасштабное обобщение алгоритма статистического дифференцирования (*Pratt, 2007*), причем для вычисления средних яркостей использовать ранговых алгоритмы (*Ярославский, 1987*), не размывающие границы.

Алгоритм статистического дифференцирования (*Pratt, 2007*) дает хорошее выравнивание и улучшение контраста и яркости и представляется выражением:

$$J(x, y) = \alpha m_d + (1 - \alpha) \langle I(x, y) \rangle + (I(x, y) - \langle I(x, y) \rangle) \frac{A \sigma_d}{A \sigma(x, y) + \sigma_d} \quad (1)$$

где $I(x, y)$ и $J(x, y)$ исходное и результирующее изображения соответственно, $\langle I(x, y) \rangle$ - изображение, сглаженное по локальной окрестности, $\sigma(x, y) = \sqrt{\langle (I(x, y) - \langle I(x, y) \rangle)^2 \rangle}$ - среднеквадратичное отклонение яркости в локальной окрестности (средний размах) точки (x, y) , m_d , σ_d - желаемые средняя яркость и средний размах изображения, A - максимальный коэффициент усиления, $\alpha \in [0, 1]$. В этой формуле подразумеваются средние по прямоугольной или круглой окрестности радиуса R , или средние, полученные какой либо линейной фильтрацией, например сверткой с Гауссовым ядром. Использование подобных средних приводит к размазыванию сглаженного изображения и появлению двойных границ на улучшенном изображении $J(x, y)$.

Предлагается следующее многомасштабное обобщение (1). Рассмотрим после-

довательность изображений: $I_0(x, y), I_1(x, y), \dots, I_K(x, y)$. Здесь $I_0(x, y)$ - исходное изображение. $I_j(x, y) = \langle I_{j-1}(x, y) \rangle_j$, $j = 1..K$, где $\langle \cdot \rangle_j$ - некоторый нелинейный оператор сглаживания с характерным радиусом R_j , причем $R_{j+1} > R_j$. Обозначим разностные изображения как $D_j(x, y) = I_j(x, y) - I_{j+1}(x, y)$ и введем их средний размах как $\sigma_j(x, y) = \sqrt{\langle D_j^2(x, y) \rangle_G}$. В последней формуле среднее вычисляется путем Гауссова сглаживания при полуширине Гауссиана R_j , а не ранговым нелинейным оператором. Алгоритм многомасштабного статистического дифференцирования определим как:

$$J(x, y) = \alpha m_d + (1 - \alpha) I_K(x, y) + \sum_{k=0}^{K-1} D_k(x, y) \left(B_k + \frac{A_k \sigma_{k,d}}{A_k \sigma_k(x, y) + \sigma_{k,d}} \right) \quad (2)$$

Особенностью алгоритмов повышения детальности (sharpening) по локальной окрестности является усиление деталей с характерным размером порядка этой окрестности и менее. Формула (2) позволяет избирательно подчеркнуть детали $K-1$ разных характерных размеров, причем эти размеры выбираются исходя из требований прикладной задачи. Установка малого коэффициента при $k=0$ в случае модели слабо коррелированного в пространстве шума (например $A_0 = 0$, $B_0 = 1$, $\sigma_{0,d} \geq 1$) приводит к сохранению шумов или даже снижению уровня шума. Значительные коэффициенты усиления при больших k позволяют избирательно усилить детали соответствующих размеров R_k . При разных k могут использоваться разные алгоритмы сглаживания. В работе рассматривались ранговые алгоритмы, в частности усреднение по K \times N \times V-окрестности (Ярославский, 1987) текущего пикселя и их быстрые реализации на основе многомасштабного представления гистограмм и контроля изменения гистограмм по мере добавления и удаления точек при сдвиге окна локальной окрестности.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы и гранта РФФИ 09-07-92000-ННС_а..

Литература

Pratt W.K. (2007) Digital Image Processing: PIKS Scientific inside (4th ed.) // Wiley-Interscience, John Wiley & Sons, Inc., Los Altos, California, 2007, 782 p.

Ярославский Л.П. (1987) Цифровая обработка сигналов в оптике и голографии: Введение в цифровую оптику. - М.: Радио и связь, 1987. -296 с.: ил.