

Анализ использования адаптивного дискретного косинусного преобразования для улучшения качества изображений

Гущина О.Н., Аминова Е.А.

Физический факультет, кафедра Динамики электронных систем
Ярославский государственный университет им П.Г. Демидова, Ярославль, Россия

Аннотация

В рамках исследования была проанализирована возможность использования адаптивного дискретного косинусного преобразования в задачах удаления шума и подавления артефактов блочности. Рассмотренный алгоритм обработки изображений с использованием адаптивного дискретного косинусного преобразования был реализован в исследовательской среде MatLab и использован для улучшения качества сжатых и зашумленных изображений.

Ключевые слова: адаптивное дискретное косинусное преобразование, удаление блочности, фильтрация

1. ВВЕДЕНИЕ

Блочное двумерное дискретное косинус-преобразование (Б-ДКП) долгое время успешно использовалось в качестве ключевого элемента в задачах сжатия изображений и удаления шума. Однако известно, что применение Б-ДКП нередко приводит к возникновению артефактов блочности, выражающихся в том, что изображение распадается на визуально заметные квадратные области размером 8×8 пикселей.

В последние годы особое внимание уделяется разработке методов анализа изображений и видеопоследовательностей с помощью окон произвольной формы. Оптимальным по вычислительным затратам является адаптивное дискретное косинусное преобразование (А-ДКП), предложенное Сикорой [1].

2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ А-ДКП В ЗАДАЧАХ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

А-ДКП вычисляется путем применения одномерного дискретного косинусного преобразования переменной длины последовательно к столбцам и строкам исследуемой области изображения. А-ДКП не требует каких-либо дополнительных преобразований над полученной матрицей коэффициентов и может рассматриваться как обобщение классического Б-ДКП. Использование А-ДКП совместно с анизотропной локальной полиномиальной аппроксимацией позволяет адаптировать форму окна при обработке каждого пикселя изображения [2]. Примеры формирования окна произвольной формы представлены на рис. 1 [4].

2.1. Удаление шума из изображений

Рассмотрим задачу удаления аддитивного гауссова шума из изображений:

$$z(x) = y(x) + \eta(x), \quad (1)$$

где z - зашумленное изображение, y - исходное изображение, η - матрица независимых отсчетов нормального гауссова распределения с нулевым средним и дисперсией σ^2 . А-ДКП и обратное А-ДКП обозначим как $T(y)$ и $T^{-1}(y)$ соответственно.

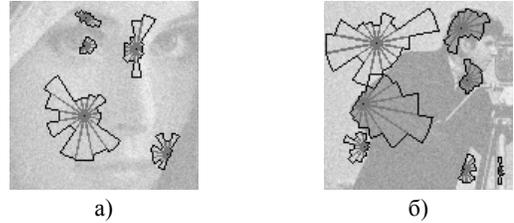


Рис. 1. Примеры формирования окна произвольной формы на тестовых изображениях «Лена» (а) и «Фотограф» (б)

Для каждого пикселя изображения с координатами x посредством ЛПА вычисляется окрестность U_x . Затем производится вычисление А-ДКП с последующей жесткой пороговой фильтрацией γ с порогом $\sigma \sqrt{2 \ln(N^2)}$, где N – спектральная плотность мощности шума [3]. Использование обратного А-ДКП позволяет получить восстановленное изображение.

Общая схема алгоритма фильтрации представлена на рис. 2.

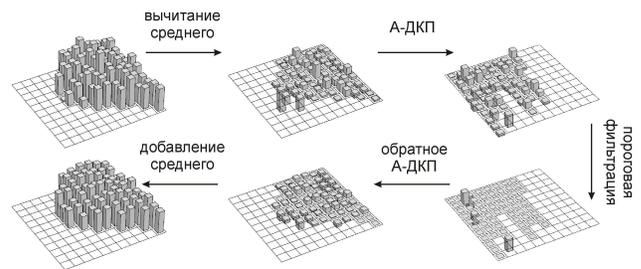


Рис. 2. Алгоритм фильтрации на основе А-ДКП

В математической форме эту операцию можно представить следующим образом [4]:

$$\tilde{y}_U = T_U^{-1}(\gamma(T_U(z_U - m_U(z)))) + m_U(z), \quad (2)$$

где $m_U(z)$ - среднее значение яркости внутри области U_x .

В дополнение к этому для каждого пикселя на основе коэффициентов преобразования вычисляется вес для последующего восстановления:

$$w_x = \frac{\sigma^{-2}}{(1 + N_x^{\text{har}})|U_x|}, \quad (3)$$

где N_x^{har} - число ненулевых коэффициентов после пороговой

фильтрации, а $|U_x|$ - число пикселей в области U_x .

Процедуру восстановления можно представить следующим выражением:

$$\tilde{y} = \frac{\sum_{x \in X} w_x \tilde{y}_U}{\sum_{x \in X} w_x \chi_U}, \quad (4)$$

где X - множество всех координат пикселей изображения, а χ_U - функция, показывающая принадлежность пикселя к области U_x .

2.2. Подавление артефактов блочности

Рассмотрим сжатое изображение $z(x)$, заданное выражением (1). Для того чтобы применить А-ДКП, нам необходимо располагать значением дисперсии σ^2 , которое может быть получено из матрицы квантования коэффициентов $Q = [q_{i,j}]$ с использованием эмпирической формулы:

$$\sigma^2 = 0.69(\tilde{q})^{1.3}, \quad (5)$$

где $\tilde{q} = \frac{1}{9} \sum_{i,j=1}^3 q_{i,j}$ - среднее значение девяти

коэффициентов матрицы квантования, соответствующих гармоникам ДКП наиболее низких частот [4].

Процедура нахождения дисперсии σ^2 , определенная выражением (5), может быть применена непосредственно, т.к. матрицы квантования коэффициентов ДКП являются известными и могут быть найдены в соответствующих спецификациях для стандартов сжатия. Поэтому процедура восстановления изображения при помощи А-ДКП, может быть использована в задачах удаления артефактов блочности из изображений.

3. АНАЛИЗ РАБОТЫ АЛГОРИТМА С А-ДКП ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Рассмотренный в работе алгоритм обработки изображений был реализован в среде MatLab. Для проведения исследований использовался набор тестовых изображений размером 512×512 пикселей. Работа алгоритма фильтрации оценивалась посредством метрики пиковое отношение сигнал/шум (ПОСШ).

Для проведения исследования к выбранным тестовым изображениям добавлялся аддитивный белый гауссов шум с различными значениями дисперсии σ^2 . Результаты, полученные при тестировании алгоритмов фильтрации, для тестового изображения «Лена» приведены на рис. 3.

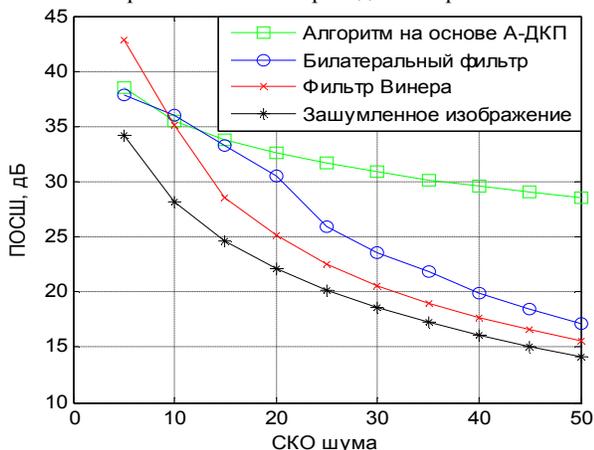


Рис. 3. Результаты восстановления тестового изображения «Лена» по шкале ПОСШ

Таким образом, алгоритм на основе А-ДКП позволяет значительно улучшить качество зашумленного изображения и повысить значение ПОСШ на величину порядка 10-14 дБ

практически при любых значениях дисперсии шума σ^2 . Сравнительный анализ результатов восстановления различных тестовых изображений показывает превосходство рассмотренного алгоритма на основе А-ДКП по сравнению с известными алгоритмами фильтрации (фильтр Винера, билатеральный фильтр и др.).

Также был проведен анализ работы алгоритма на основе А-ДКП в задаче удаления артефактов блочности из изображений, сжатых при помощи стандарта JPEG. Степень сжатия изображения оценивалась при помощи величины бит на пиксель – bpp (bits per pixel). Результаты восстановления тестового изображения «Лена» при различных значениях bpp приведены в табл. 1.

Таблица 1
ПОСШ восстановленного изображения «Лена», дБ

bpp	0,2	0,4	0,6	0,8	1
Сжатое изображение	28,89	33,57	35,49	36,85	37,96
Обработанное изображение	30,40	34,44	36,09	37,27	38,24

Применение алгоритма позволяет увеличить значение ПОСШ на величину до 1,5 дБ. Эффект размытия, вносимый алгоритмом в обрабатываемое изображение, визуально менее заметен, нежели блочная структура JPEG- изображения.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод о том, что рассмотренный алгоритм на основе А-ДКП позволяет достичь хороших результатов в задаче восстановления изображений, что подтверждается как объективными метриками качества, так и субъективным визуальным анализом. Данный алгоритм может быть использован для удаления шума и подавления артефактов блочности на изображениях, как на этапе предварительной обработки, так и для постобработки.

5. ЛИТЕРАТУРА

1. Sikora T. Low complexity shape-adaptive DCT for coding of arbitrarily shaped image segments // Signal Process.: Image Comm., vol. 7, pp. 381-395, 1995.
2. Fan J., Gijbels I. Local polynomial modelling and its application // Chapman and Hall, London, 1996.
3. Donoho D.L., Johnstone I.M. Ideal spatial adaptation via wavelet shrinkage // Biometrika, n. 81, pp. 425-455, 1994.
4. Foi, A., Dabov K., Katkovnik V., Egiazarian K. Shape-adaptive DCT for denoising and image reconstruction // Proc. SPIE El. Imaging 2006, Image Process.: Algorithms and Systems V, 6064A-18, Jan. 2006.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Гущина Ольга Николаевна – студентка физического факультета (направление Телекоммуникации) Ярославского государственного университета (ЯрГУ) им П.Г.Демидова. Контактный email – olyagushchina@rambler.ru.

Аминова Елена Альбертовна – студентка физического факультета (специальность Радиофизика и электроника) ЯрГУ им П.Г.Демидова. Контактный email – lenu@piclab.ru.