

И.В. Рубан<sup>1</sup>, И.А. Романенко<sup>2</sup>, Н.И. Науменко<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

<sup>2</sup>Генеральный штаб Вооруженных Сил Украины, Киев

<sup>3</sup>Департамент военного образования и науки МО Украины, Киев

## СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК КАЧЕСТВА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

*Рассмотрен подход к обработке изображений, позволяющий обеспечить сжатие с улучшенными характеристиками восстановления изображений. Представлены модель и результаты теоретических и экспериментальных исследований. Проведенный сравнительный анализ указывает на лучшие характеристики предлагаемого метода относительно широко используемого стандарта JPEG.*

**Ключевые слова:** восстановление изображения, характеристики качества восстановления, стандарт JPEG.

### Введение

Фундаментальной проблемой создания цифровых систем обработки и передачи изображений является сокращение избыточности. В настоящий момент разработаны различные стандарты сжатия изображений. При этом задача создания алгоритмов, удовлетворяющих как требованиям по коэффициенту сжатия, так и требованиям по качеству восстановленного изображения, еще окончательно не решена.

Широко используемый в настоящее время стандарт JPEG основан на использовании дискретного косинусного преобразования (ДКП) на первом этапе и жестком отборе коэффициентов по порогу на втором этапе. Исходя из этого, платой за высокий коэффициент сжатия является резкое сокращение качества восстановления изображения.

Исследование различных методов кодирования изображения показало, что использование ДКП имеет несомненные преимущества перед другими ортогональными преобразованиями [1 – 3]. Результаты статистических исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты статистических исследований ортогональных преобразований.

Степень сжатия	Среднеквадратические ошибки преобразований			
	Хаара	Уолша-Адамара	Синусное	Косинусное
4,0	2,38 – 7	2,42 – 7	2,04 – 5	1,61 – 4
4,5	2,56 – 7	2,82 – 8	2,22 – 7	1,61 – 5
5,0	2,72 – 7	2,77 – 9	2,34 – 6	1,61 – 6

### Основной материал

Известно [4], что оптимальным преобразованием, позволяющим получить максимальный коэффициент сжатия за счет использования уникальной базисной функции, описывающей изображение, является преобразование Карунена–Лоева. Однако, практическая реализуемость данного метода сложна по причине невозможности разработки быстрого алгоритма вычисления базисных функций и связанных с этим проблем. При этом использование ДКП позволяет получить результаты, близкие к результатам преобразования Карунена–Лоева. Это имеет теоретическое обоснование: косинусные функции хорошо аппроксимируют собственные методы матрицы Теплица [5], которая близка к ковариационным матрицам характерных телевизионных соглашений. Исходя из этого, в качестве базового преобразования предлагаемого метода используется ДКП.

После ДКП в стандарте JPEG используется упорядочивание элементов в каждом блоке и кодирование при использовании единой таблицы квантования.

Это приводит к тому, что при относительно больших коэффициентах сжатия возникают искажения восстанавливаемых изображений в виде нарушения воспроизведения мелких деталей, возникновения эхо-сигналов при резких переходах яркости и цвета, возникновения блочной структуры.

Указанные дефекты могут быть существенно уменьшены, если применять различные таблицы квантования в зависимости от сложности рельефа в каждом блоке, подвергающемся ДКП [6]. Однако определение и использование уникальных таблиц квантования значительно увеличивает объем обрабатываемой программы и время сжатия изображения.

Учитывая данный недостаток, при обработке трансформант ДКП предполагается следующий способ, который, в отличие от большинства других, подстраивает параметры кодирования не под усредненную характеристику всего изображения, а под начальные особенности в пределах каждого блока. Это позволяет сохранить мелкие детали изображения, что особенно важно в задачах обнаружения и распознавания различных объектов.

Данный способ не приводит к размыванию границ.

По временным затратам данный метод сопоставим с большинством других, но не имеет конкурентов по простоте декодирования, которое не требует арифметических операций.

Сущность способа заключается в следующем. Обработка блока начинается с вычисления порога и двух уровней кодирования.

Для определения уровней производится вычисление первых выборочных моментов - среднее значение  $C$  и средний квадрат  $E$ :

$$C = \frac{1}{m \cdot n} \sum_i \sum_j A_{ij}, E = \frac{1}{m \cdot n} \sum_i \sum_j A_{ij}^2, \quad (1)$$

где  $m \cdot n$  – размеры блока;  $A_{ij}$  – значение цветовой координаты.

Затем определяется дисперсия:

$$\sigma^2 = E - C^2. \quad (2)$$

Пороговая величина  $d$  полагается равной среднему  $C$ . Верхний  $a$  и нижний  $b$  уровни вычисляются

из условия приближенного сохранения первых двух выборочных моментов:

$$a = C - \sigma \sqrt{\frac{q}{p-q}}, b = C + \sigma \sqrt{\frac{p-q}{q}}, \quad (3)$$

где  $p = m \cdot n$  – число элементов блока;  $q$  – число элементов блока, превышающих  $d$ .

Кодирование производится по обычному правилу:

$$S_{ij} = \begin{cases} a, & \text{если } A_{ij} < d; \\ b, & \text{если } A_{ij} \geq d. \end{cases} \quad (4)$$

После обработки получается блок, содержащий только уровни  $a$  и  $b$ .

Из выражений (1), (3) видно, что среднее значение и средний квадрат исходного и кодированного блоков совпадают.

При кодировании изображения значения  $a$  и  $b$  запоминаются, а вместо них записываются "0" и "1".

Результаты экспериментальных исследований показали, что линейный размер блока кодирования, в 3 - 5 раз меньший интервала корреляции, дает наилучшие результаты по степени сжатия.

Традиционно в качестве меры сходства берут среднеквадратическое отклонение, которое имеет вид:

$$J = \sum_i \sum_j (A_{ij} - S_{ij}), \quad (5)$$

где  $A$  – блок исходного изображения;  $S$  – блок, закодированный методом с потерями.

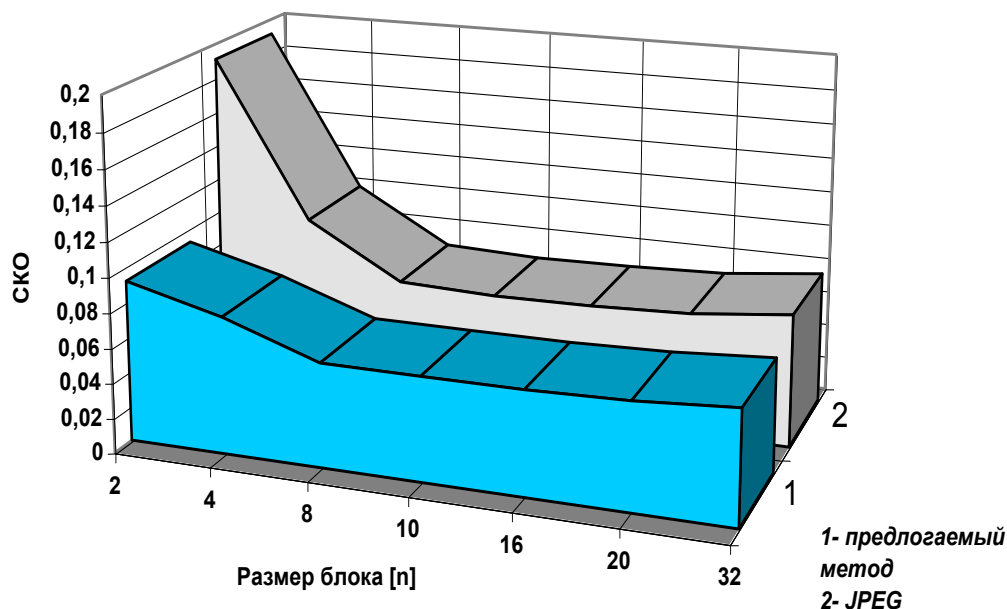


Рис. 1. Результаты сравнительной оценки качества восстановления изображений

При кодировании решается задача на определение условного экстремума. Необходимо так по-

добрать порог и два условия квантования, чтобы минимизировать СКО.

Элементы исходного блока ранжируются в порядке возрастания. Для некоторого порога  $d$  подсчитывается число  $q$  - элементов, превышающих этот порог. Тогда уровни квантования определяются из соотношений:

$$\begin{aligned} a &= \frac{1}{p-q} \sum_{k=1}^{p-q} Z_k; \\ b &= \frac{1}{q} \sum_{k=p-q+1}^p Z_k. \end{aligned} \quad (6)$$

В процессе кодирования решается задача определения условного экстремума выражения (5), и запоминаются соответствующие этому минимуму уровни квантования и бинарная матрица.

На рис. 1 представлены результаты сравнительной оценки предлагаемого метода кодирования со стандартом JPEG. Как видно из рисунка при различных размерах блоков кодирования значения СКО при использовании предлагаемого метода кодирования ниже, чем при использовании JPEG. При этом сравнительная оценка проводилась при одинаковых коэффициентах сжатия.

Из результатов проведенных экспериментов следует, что:

- изменение размера блока кодирования приводит к снижению СКО. Однако значительное увеличение размеров блока обработки приводит к
- увеличению времени обработки. Исходя из этого, наилучшие размеры блока лежат в пределах 8-16 элементов [7];
- временные параметры предлагаемого метода сопоставимы и превосходят JPEG;
- при использовании предложенного метода кодирования в варианте учета соседних подобных блоков, максимальные значения коэффициента сжатия достигаются при использовании блоков размера 8, ввиду большей вероятности их идентичности чем при использовании блоков большого размера.

## Вывод

Предложенный в статье подход к обработке изображений, позволит обеспечить сжатие с улучшенными характеристиками восстановления изображений. Проведенный сравнительный анализ указывает на лучшие характеристики предлагаемого метода относительно широко используемого стандарта JPEG, в частности, использование предлагаемого подхода позволит без существенного снижения качества изображений, в среднем в семь раз сократить их объем.

## Список литературы

1. Цифровая обработка телевизионных и компьютерных изображений / Под ред. Ю.Б. Зубарева и В.П. Дворковича. - М.: МЦНТИ, 1997. - 212 с.
2. Претт У. Цифровая обработка изображений / У. Претт. - М.: Мир, 1982. - Т. 1,2.
3. Блейхут Р. Быстрые алгоритмы цифровой обработки сигналов / Р. Блейхут; пер. с англ. И.И. Грушко. - М.: Мир, 1989. - 466 с/
4. The JPEG Still Picture Compression Standard // Communications of the ACM. - April 1991. - V34, N8.
5. Красильников Н.Н. Теория передачи и восприятия изображений / Н.Н. Красильников. - М.: Радио и связь, 1986. - 248 с.
6. Межкадровое кодирование изображений с преобразованием / А.В. Королев, И.В. Рубан, С.В. Малахов, В.Е. Мануйлов // Информационные системы. - Х.: НАНУ, ПАНИ, ХВУ, 1997. - Вып. 1 (5). - С. 130-139.
7. Метод повышения качества восстановления изображения / А.В. Королев, И.В. Рубан, С.В. Малахов, В.И. Головкин // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте. - 1997. - № 4. - С.41-45.

Поступила в редколлегию 28.05.2010

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

## СПОСІБ ПОЛІПШЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЯКОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ

І.В. Рубан, І.О. Романенко, М.І. Науменко

*Розглянуто підхід до обробки зображень, що дозволяє забезпечити стиснення з покращуваними характеристиками відновлення зображень. Представлено модель і результати теоретичних і експериментальних досліджень. Проведений порівняльний аналіз указує на кращі характеристики пропонованого методу відносно широко використовуваного стандарту JPEG.*

**Ключові слова:** відновлення зображення, характеристики якості відновлення.

## METHOD OF IMPROVEMENT OF DESCRIPTIONS OF QUALITY REGENERATION OF IMAGES

I.V. Ruban, I.A. Romanenko, N.I. Naumenko

*Approach is considered to processing of images, allowing to provide a compression with the improved descriptions of regeneration of images. A model and results of theoretical and experimental researches is presented. The conducted comparative analysis specifies on the best descriptions of the offered method relatively the widely used standard of JPEG.*

**Keywords:** renewal of image, descriptions of quality of renewal.