

УДК 621.327:629.391

И.В. Рубан, М.Н. Колмыков

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков

## СОКРАЩЕНИЕ РАЗРЯДНОСТИ КОЭФФИЦИЕНТОВ ДИСКРЕТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХАРТЛИ В АЛГОРИТМАХ СЖАТИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

*Приведены результаты эксперимента по разработке дополнительной процедуры кодирования коэффициентов трансформант дискретного преобразования Хартли для алгоритмов сжатия и восстановления статических изображений.*

*дискретное преобразование Хартли, статические изображения*

### Введение

**Постановка задачи.** С 1982 года в методах и алгоритмах цифровой обработки информации используется дискретное преобразование Хартли (ДПХ) [1–4]. Одной из перспективных областей его использования является методы компактного представления информации, в частности методы сжатия и восстановления изображений [2, 3, 6]. Однако исходя из того, что данное преобразование является сравнительно «молодым» и малоизученным, то существует необходимость в изучении свойств преобразования с целью разработки новых алгоритмов и процедур обработки изображений.

**Анализ литературы.** Исходя из анализа литературы, на основе ДПХ разработаны различные алгоритмы сжатия и восстановления статических изображений [2, 5, 6, 8, 10] с обязательным шагом в виде двумерного преобразования блока изображения дискретным преобразованием Хартли и формированием соответствующей трансформанты по выражениям прямого и обратного ДПХ:

$$\begin{aligned}
 H(v_1, v_2) &= (1/N_1 N_2) \times \\
 &\times \sum_{\tau_1=0}^{N_1-1} \sum_{\tau_2=0}^{N_2-1} f(\tau_1, \tau_2) \cos[(2\pi v_1 \tau_1 / N_1) + (2\pi v_2 \tau_2 / N_2)]; \\
 f(\tau_1, \tau_2) &= \\
 &= \sum_{v_1=0}^{N_1-1} \sum_{v_2=0}^{N_2-1} H(v_1, v_2) \cos[(2\pi v_1 \tau_1 / N_1) + (2\pi v_2 \tau_2 / N_2)],
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где  $v_1, v_2$  – координаты полученной матрицы;  $\tau_1, \tau_2$  – координаты исходной матрицы;  $N_1$  – количество столбцов;  $N_2$  – количество строк.

**Цель статьи:** повысить эффективность сжатия и восстановления статических изображений на основе дискретного преобразования Хартли путем применения дополнительного кодирования коэффициентов ДПХ.

### Основная часть

Первым этапом разработанных алгоритмов сжатия и восстановления изображений является

формирование трансформанты ДПХ, процесс формирования трансформанты ДПХ представлен на рис. 1. В процессе формирования трансформанты цифровые изображения подвергались разбиению на блоки, состоящих из  $n \times n$  элементов (пикселей) [5, 7]. В дальнейшем каждый блок, представленный в виде  $n \times n$  матрицы  $X$  с компонентами  $x_{ij}$ , где  $i, j = \overline{0, n-1}$ , подвергался обработке двумерным дискретным преобразованием Хартли, результатом которой являлось получение соответствующих каждому блоку матрицы коэффициентов дискретного преобразования Хартли  $Y$  с компонентами  $y_{kl}$ , где  $k, l = \overline{0, n-1}$ .

На рис. 2 представлены примеры трансформанты ДПХ, размерности  $16 \times 16$ , блоков изображения различной степени насыщенности – интенсивности изменения яркостных значений элементов изображения в пределах блока. Значения коэффициентов трансформант округлены до ближайшего целого. При этом для хранения каждого коэффициента ДПХ в памяти цифрового устройства выделяется один байт [6].

Исследование трансформант ДПХ позволило выявить ряд их особенностей, указывающих на их компрессионные свойства [7]:

- наличие в трансформанте коэффициентов дискретного преобразования Хартли с нулевым значением, при этом их количество пропорционально степени насыщенности исходного блока изображения;

- сосредоточение максимальной энергии в первом коэффициенте, его численное значение не превышает динамический диапазон блока изображения;

- значения остальных коэффициентов ДПХ по сравнению с исходными цветовыми значениями блока изображения на порядок меньше;

- равномерное распределение отрицательных значений коэффициентов ДПХ на всей трансформанте.



При анализе экспериментов по применению разработанных алгоритмов сжатия и восстановления к различным статическим изображениям было выявлено, что коэффициенты ДПХ, кроме первого, после проведения всех основных процедур лежат в диапазоне абсолютных значений от 0 до 14 (рис. 1). Соответственно, занимают в двоичном коде несколько бит, вместо отводимого байта в массиве сжатой информации [6, 7, 9]. На основании этого было сделано предположение о возможности сокращения разрядности сохраняемых коэффициентов ДПХ.

Были проведены эксперименты для изображений разной степени насыщенности с сохранением коэффициентов ДПХ разной разрядности.

Результаты одного из экспериментов на примере восстановленного изображения представлены на рис. 3, где:

*a* – исходное изображение;

*б* – восстановленное изображение после применения алгоритма сжатия без сокращения разрядности сохраняемых коэффициентов ДПХ;

*в* – восстановленное изображение после применения алгоритма сжатия при сокращении разрядности сохраняемых коэффициентов дискретного преобразования Хартли до 4 бит;

*г* – восстановленное изображение после применения алгоритма сжатия при сокращении разрядности сохраняемых коэффициентов дискретного преобразования Хартли до 3 бит.

Субъективный анализ восстановленных изображений, полученных в результате проведенных экспериментов, позволил сделать вывод о том, что при определении разрядности сохраняемых коэффициентов ДПХ в 4 бита качество восстановления изображений не изменяется.

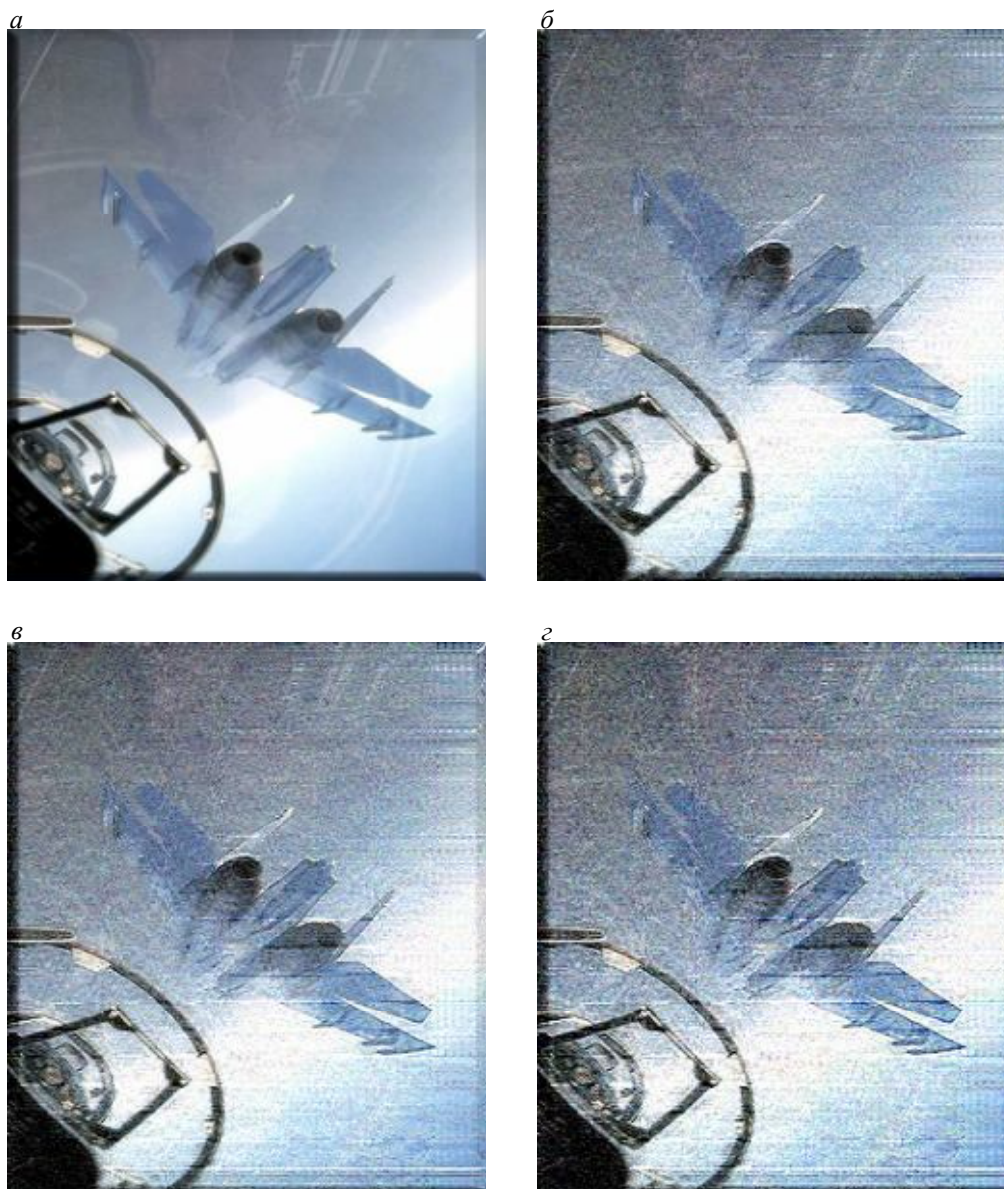


Рис. 3. Результаты эксперимента по определению разрядности сохраняемых коэффициентов ДПХ

### Выводы

Таким образом, в результате сокращения разрядности сохраняемых коэффициентов ДПХ до 4 разрядов, возможно увеличение коэффициента сжатия статического изображения на основе дискретного преобразования Хартли в 1,5 – 2 раза.

### Список литературы

1. Абламейко С.В., Лагуновский Д.В. *Обработка изображений: технология, методы, применение.* – М.: Амалфея, 2000. – 304 с.
2. Брейсуэлл Р.Н. *Преобразование Хартли.* – М.: Мир, 1990. – 273 с.
3. Гонсалес Р., Вудс Р. *Цифровая обработка изображений.* – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
4. Залманзон А. *Преобразования Фурье, Уолша, Хаара и их применение в управлении, связи и других областях.* – М.: Наука, 1989. – 496 с.
5. Колмыков М.М. *Алгоритм компактного представления статичних изображений // Системи обробки інформації.* – Х.: ХВУ, 2004. – Вип. 2. – С. 35-38.
6. Колмыков М.Н. *Формат данных представления статических изображений на основе дискретного преобразования Хартли // Системи обробки інформації.* – Х.: ХУ ПС, 2006. – Вип. 5 (54). – С. 63-66.
7. Рубан И.В., Колмыков М.Н., Дуденко С.В. *Исследование статистических свойств трансформант дискретного преобразования Хартли // Системи обробки інформації.* – Х.: ХВУ, 2004. – Вип. 4. – С. 175 – 181.
8. Рубан И.В., Колмыков М.Н., Дуденко С.В. *Быстрый алгоритм формирования трансформанты дискретного преобразования Хартли // Системи озброєння і військова техніка.* – Х.: ХУ ПС, 2005. – Вип. 3/4. – С. 96-98.
9. Рубан И.В., Колмыков М.Н., Новиков В.И. *Оценка качества обработки изображений на основе преобразования Хартли // Радіоелектронні і комп'ютерні системи.* – 2003. – Вип. 4. – С. 135-138.
10. Рубан И.В., Колмыков М.Н., Резуненко А.А. *Адаптивный алгоритм сжатия данных в компьютерных сетях // Системи обробки інформації.* – Х.: ХВУ, 2003. – Вип. 4. – С. 67-72.

Поступила в редколлегию 2.08.2007

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