

УДК 621.327:629.391

О.В. Коваленко, О.П. Доренський, О.М. Дреєв

Кіровоградський національний технічний університет, Кіровоград

## ОЦІНКА ЯКОСТІ СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ ДИСКРЕТНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ХАРТЛІ

Розглядається питання оцінки якості стиснення цифрового зображення на основі дискретного перетворення Хартлі. Пропонується метод, що забезпечує підвищену якість відновлення зображення, здійснюється оцінювання якості стиснення зображення запропонованого методу у порівнянні з зональним, пороговим, JPEG методами за величиною відхилення значень яскравості кольору пікселя відновленого зображення від його оригіналу.

**Ключові слова:** стиснення зображення, дискретне перетворення Хартлі.

### Вступ

Досягнення обчислювальної техніки в царині пристроїв цифрової обробки інформації створили передумови для реалізації перспективних методів стиснення даних, що забезпечують підвищення ефективності передачі і зберігання зображень. Стиснення даних з використанням кодування математичним перетворенням дозволяє здійснити певні аспекти як статистичного, так і психофізичного кодування [1 – 10]. Відповідні схеми стиснення зображень з перетворенням виконують дві послідовні операції. Перша з них полягає в лінійному перетворенні статистично залежних елементів зображення в набір більш незалежних компонентів; друга – у відборі і кодуванні отриманих коефіцієнтів. Таким чином, основна частка помилок виявляється під час декодування зображення пов'язана з етапом відбору коефіцієнтів.

### Основна частина

Зображення в його цифровому поданні можна представити у вигляді сукупності матриць, що складаються з фіксованої кількості елементів (пікселів). Кодування кожної матриці за допомогою перетворення дозволяє перейти до сукупності інших матриць (трансформант) з такою ж кількістю елементів. Під час використання перетворень необхідно домогтися того, щоб коефіцієнти трансформанти були незалежними. Крім того, бажано, щоб енергія зображення була зосереджена за можливості в меншій кількості коефіцієнтів [1 – 3]. З унітарних перетворень цікавим, на наш погляд, є дискретне перетворення Хартлі [4 – 7].

Суть перетворення полягає в парі інтегральних перетворень: прямому і зворотному, що використовують введену функцію  $\text{cas}(\Theta) = \cos(\Theta) + \sin(\Theta)$ .

Пряме і зворотне дискретне перетворення Хартлі (ДПХ) визначається співвідношеннями:

$$H(v) = N^{-1} \sum_{\tau=0}^{N-1} f(\tau) \text{cas}(2\pi v\tau / N),$$

$$f(\tau) = \sum_{v=0}^{N-1} H(v) \text{cas}(2\pi v\tau / N),$$
(1)

де  $\text{cas}(\Theta) = \cos(\Theta) + \sin(\Theta)$ . (2)

Коефіцієнт  $N-1$  забезпечує рівність  $H(0)$  середньому значенню дійсної функції  $f(\tau)$ ,  $\tau = 0, 1, \dots, N-1$ .

ДПХ дво-, чотири- і восьмиточкових векторів визначається виразами:

$$H(0) = (1/2) [ f(0) + f(1) ],$$

$$H(1) = (1/2) [ -f(0) - f(1) ].$$
(3)

$$H(0) = (1/4) [ f(0) + f(1) + f(2) + f(3) ],$$

$$H(1) = (1/4) [ f(0) + f(1) - f(2) - f(3) ],$$

$$H(2) = (1/4) [ f(0) - f(1) + f(2) - f(3) ],$$

$$H(3) = (1/4) [ f(0) - f(1) - f(2) + f(3) ].$$
(4)

$$H(0) = (1/8) [ f(0) + f(1) + f(2) + f(3) + f(4) + f(5) + f(6) + f(7) ],$$

$$H(1) = (1/8) [ f(0) + \sqrt{2}f(1) + f(2) + 0 + f(4) - \sqrt{2}f(5) - f(6) - 0 ],$$

$$H(2) = (1/8) [ f(0) + f(1) - f(2) - f(3) + f(4) + f(5) - f(6) - f(7) ],$$

$$H(3) = (1/8) [ f(0) + 0 - f(2) + \sqrt{2}f(3) - f(4) - f(5) + f(6) - \sqrt{2}f(7) ],$$

$$H(4) = (1/8) [ f(0) - f(1) + f(2) - f(3) + f(4) - f(5) + f(6) - f(7) ],$$

$$H(5) = (1/8) [ f(0) - \sqrt{2}f(1) + f(2) + 0 - f(4) + \sqrt{2}f(5) - f(6) + 0 ],$$

$$H(6) = (1/8) [ f(0) - f(1) - f(2) + f(3) + f(4) - f(5) - f(6) + f(7) ],$$

$$H(7) = (1/8) [ f(0) + 0 - f(2) - \sqrt{2}f(3) - f(4) + 0 + f(6) + \sqrt{2}f(7) ].$$
(5)

Вирази (3 – 5) складаються в основному з операцій додавання і віднімання, які реалізуються на сучасних мікропроцесорах досить швидко в порівнянні з операціями множення і ділення, що говорить про досить низьку обчислювальну складність ДПХ.

Аналіз існуючих перетворень дозволяє зробити висновок, що перетворення Хартлі, який має швидкий обчислювальний алгоритм, наближається за ефективністю до перетворення Карунена-Лоева (ПКЛ), що володіє найкращою здатністю концентрувати максимум енергії в меншій кількості відліків.

Відомі два методи відбору компонентів трансформанти: зональний і пороговий [8 – 10]. Якщо через  $I_t$  позначити адреси переданих відліку:

$$I_t = \{k, l; y_{k,l} \geq 1\},$$
(6)

а через  $n_t$  – їх кількість, то можна визначити функцію зонального маскування:

$$m(k,l) = \begin{cases} 1 & \text{при } k,l \in I_t; \\ 0, & \text{у протилежному варіанті,} \end{cases} \quad (7)$$

яка дорівнює одиниці в зоні зосередження  $n_t$  найбільших значень відліків перетворення –  $u_k$ .

Таким чином, кодування з перетворенням здійснюється шляхом виділення (за допомогою функції зонального маскування) і квантування тільки ненульових елементів перетвореного зображення, які потім передаються або запам'ятовуються. Цей метод називається зональним кодуванням. Зональне кодування являє собою неадаптивний спосіб збереження членів суми, які в середньому володіють найбільшою енергією.

Згідно з іншим відомим методом, спочатку оцінюються всі компоненти трансформанти –  $Y$ , а потім зберігається лише  $n_t$  відліків, що мають максимальну (для даного блоку зображення) амплітуду, що перевищує встановлений поріг. Такий метод називають пороговим кодуванням. При цьому адреси переданих відліків мають наступний вигляд:

$$I'_t = \{(k,l) : |y_{k,l}| > K_{\text{пнт}}\}, \quad (8)$$

де КПОР є відповідним чином вибраний поріг.

Таким чином зональний відбір є неадаптивним способом збереження членів суми, які в середньому володіють найбільшою енергією. Відповідно до порогового методу, спочатку оцінюються всі компоненти трансформанти, а потім зберігаються лише ті з них, які перевищують встановлений поріг. Такий метод є адаптивним, оскільки за його використання зберігаються тільки ті компоненти, які виявляються більшими для конкретного фрагмента. Тобто відбувається процес оптимізації відбору коефіцієнтів до локальної інформаційної структури.

Найбільша помилка виникає в насичених деталях (високочастотних) частинах зображення і на кордонах фрагментів.

Таким чином наслідки відкидання коефіцієнтів очевидні. Можна очікувати, що для адаптивних методів існує певний оптимальний розмір блоку, тому що занадто великий розмір блоку не дозволяє здій-

снити адаптацію до локальних характеристик зображення, а надто малий розмір не дає можливості врахувати кореляцію елементів.

Виходячи з наведених вище міркувань, проведено дослідження трансформанти, отримані в результаті здійснення перетворення Хартлі. Для кожного типу зображень використовувалися різні значення параметрів кодування. Так як для вихідного зображення обрано стандартний формат (4:3) або 640 x 480 елементів зображення, то розмір блоків, на які поділялося зображення, вибраний виходячи з тих позицій, що під час розподілу вихідного кадру вони повинні ділити його на ціле число разів.

Як тестове зображення використане півтонуване зображення 256 рівнів сірого. На рис. 1 представлено результат помилки відновлення зображення запропонованим методом. Отримані дані вказують на те, що найбільша помилка відновлення виникає на контурах зображення.

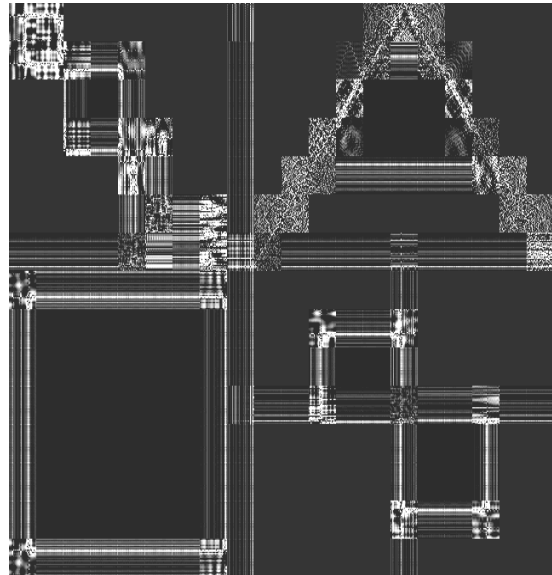


Рис. 1. Результат помилки відновлення зображення

Порівняльна оцінка проводилася щодо зонального, порогового і стандарту стиснення JPEG. Результати оцінки наведено в табл. 1 та на рис. 2 – 4.

Таблиця 1

Відхилення значень яскравості відновлених елементів зображення від їх оригіналу

Метод	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Зональний	0	-5	3	3	-4	2	0	6	-8	10	-1	0
Пороговий	-2	-1	2	2	0	-2	0	8	-8	11	1	-2
JPEG	0	0	3	3	-1	-3	0	8	-7	11	-1	-3
Запропонований	-1	2	5	2	1	1	-1	-2	-5	6	2	0
Метод	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Зональний	0	-5	-2	3	3	-3	0	4	2	-4	1	1
Пороговий	0	-6	0	5	2	-4	0	-1	6	-1	-3	2
JPEG	0	-8	1	6	-1	-4	0	-4	7	0	-7	2
Запропонований	-1	1	2	3	0	-1	-2	-2	2	0	-1	5
Метод	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Зональний	-5	15	-3	-9	6	1	-11	15	-6	3	7	-3
Пороговий	-3	7	2	-4	-2	3	-7	5	-3	9	-2	1
JPEG	0	3	4	-2	-6	5	-3	2	4	13	-6	4
Запропонований	-4	4	1	-1	0	3	0	2	-4	4	-6	3

### Висновки

Отримані результати показують, що у всіх трьох розглянутих під час дослідження випадках (рис. 2 – 4) значення помилок, що виникають з використанням запропонованого методу, лежать все-

редині області помилок трьох інших методів, які аналізувались. З цього зроблено висновок, що отримані дані свідчать про кращу якість відновлення зображень під час використання запропонованого методу стискання на основі дискретного перетворення Хартлі.

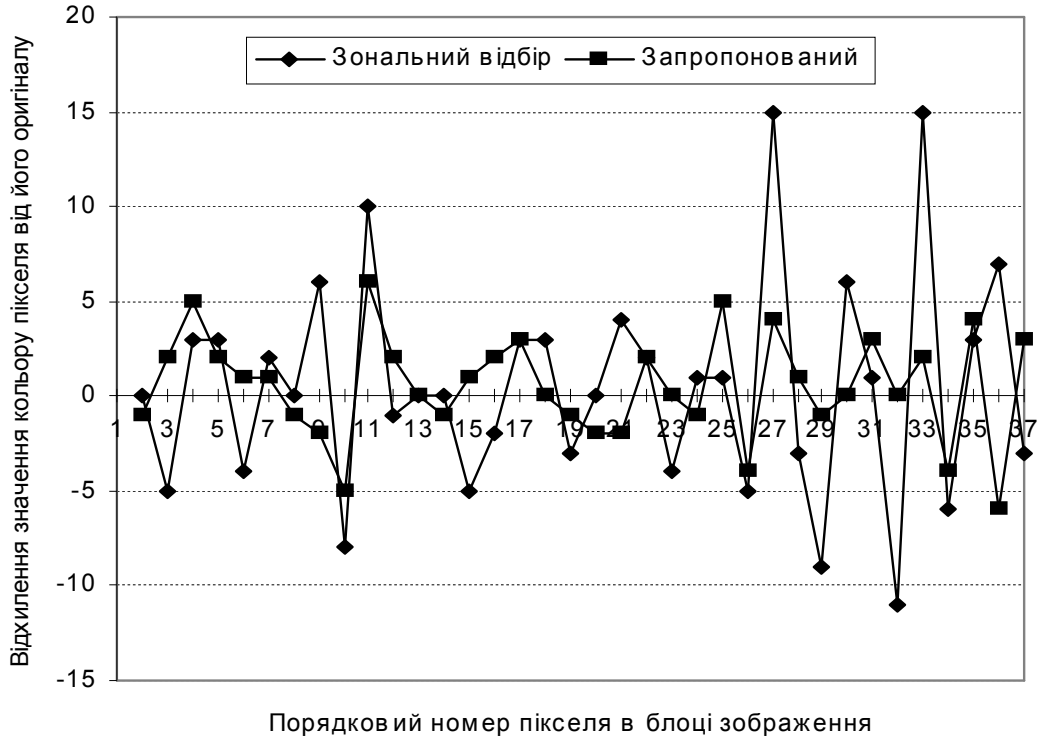


Рис. 2. Відхилення значень яскравості відновленого зображення від його оригіналу під час використання зонального і запропонованого методів

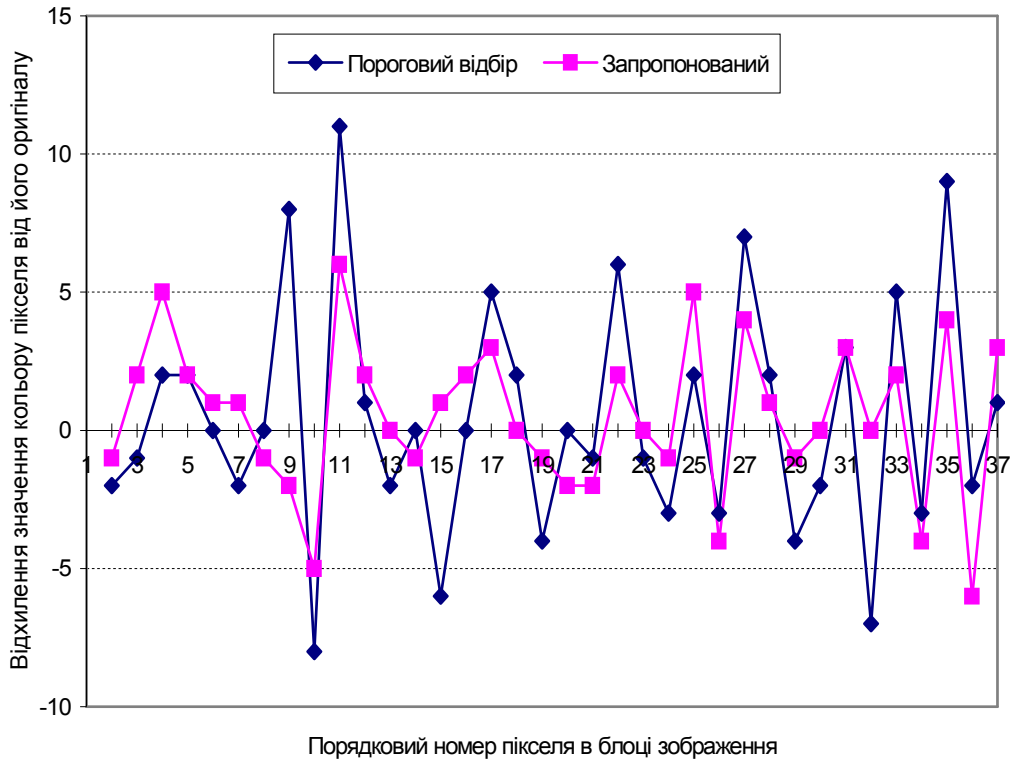


Рис. 3. Відхилення значень яскравості відновленого зображення від його оригіналу під час використання порогового і запропонованого методів

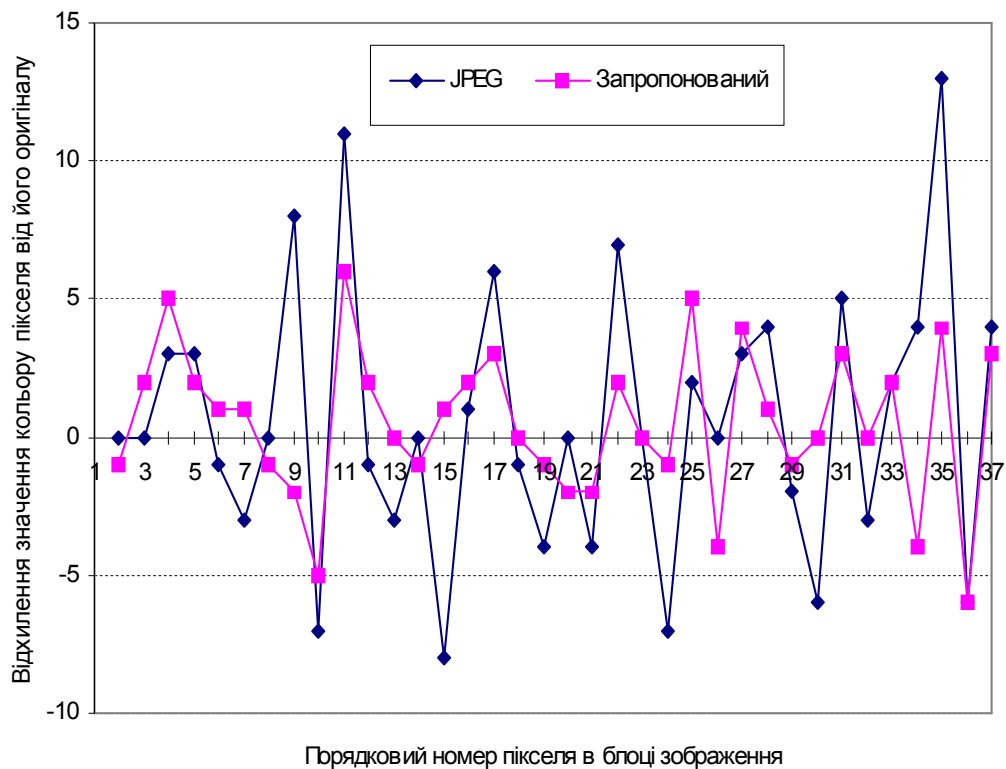


Рис. 4. Відхилення значень яскравості відновленого зображення від його оригіналу під час використання стандарту JPEG і запропонованого методу

## Список літератури

1. Абрамєйко С.В. *Обработка изображений: технология, методы, применение* / С.В. Абрамєйко, Д.В. Лагуновский. – М.: Амадфея, 2010. – 304 с.
2. Анисимов Б.В. *Распознавание и цифровая обработка изображений* / Анисимов Б.В., Курганов В.Д., Злобин В.К. – М.: Высшая школа, 1983. – 340 с.
3. Климов А.С. *Форматы графических файлов* / А.С. Климов. – С.Петербург: Изд-во «Диасофт», 1995. – 365 с.
4. Бондарев В.Н. *Цифровая обработка сигналов: методы и средства: учеб. пос. для вузов* / Бондарев В.Н., Тресер Г., Чернега В.С. – Х.: Конус, 2011. – 398 с.
5. Брейсуэлл Р.Н. *Быстрое двумерное преобразование Хартли* / Р.Н. Брейсуэлл, О. Бьюман // ТИИЭР. – 1986. – № 9. – С. 128-129.
6. Брейсуэлл Р.Н. *Преобразование Хартли* / Р.Н. Брейсуэлл. – М.: Мир, 1990. – 273 с.

7. Миано Дж. *Форматы и алгоритмы сжатия изображений в действии*. / Дж. Миано. – М.: Триумф, 2003. – 336 с.

8. Мусман Х.Г. *Достижения в области кодирования изображений* / Мусман Х.Г., Пириш П., Гардлей Х.Й. // ТИИЭР. – 1985. – № 5. – С. 31-39.

9. Соифер В.А. *Методы компьютерной обработки изображений*. / В.А. Соифер. – М.: Физматлит, 2003. – 780 с.

10. Солонина А.И. *Алгоритмы и процессоры цифровой обработки сигналов: учеб. пособие для вузов* / Солонина А.И., Улахович Д.А., Яковлев Л.А. – СПб.: БХВ-Петербург, 2001. – 454 с.

Надійшла до редколегії 30.05.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.О. Кузнецов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ДИСКРЕТНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ХАРТЛИ

А.В. Коваленко, А.П. Доренский, А.Н. Дреев

Рассматривается вопрос оценки качества сжатия цифрового изображения на основе дискретного преобразования Хартли. Предлагается метод, обеспечивающий повышенное качество восстановления изображения. Осуществляется оценивание качества сжатия изображения с применением предложенного метода по сравнению с зональным, пороговым, JPEG методами по величине отклонения значений яркости цвета пикселя восстановленного изображения от его оригинала.

**Ключевые слова:** сжатие изображения, дискретное преобразование Хартли.

## EVALUATION OF QUALITY OF IMAGE COMPRESSION BASED ON DISCRETE HARTLEY TRANSFORM

O.V. Kovalenko, O.P. Dorensky, A.M. Dreyev

The question of assessing the quality of the digital image compression based on discrete Hartley transform. The method that provides enhanced quality of recovery image is evaluating the quality of image compression proposed method in comparison with zonal, threshold, JPEG methods largest deviation of brightness values recovered pixel color image of its original.

**Keywords:** image compression, discrete Hartley transform.