

*О.К. Юдін, доктор технічних наук, професор,  
К.О. Курінь, асистент  
(Національний авіаційний університет, Україна)*

## РОЗРОБКА ПРОЦЕДУРИ ВІДНОВЛЕННЯ ВІДЕОДАНИХ

*Розроблено математичну та структурну моделі процедури декодування зображень, стиснених з урахуванням методу двоозначного структурного кодування двійкових послідовностей. Визначено основні етапи процесу відновлення. Проведено оцінку розбіжності відновлених та вихідних зображень на підставі розрахунку пікового значення відношення сигнал/шум.*

Суттєвим недоліком графічних файлів є їхній значний об'єм. Якщо знехтувати заголовками файлу та іншими неграфічними даними, то його розмір є пропорційним кількості пікселів в зображенні та кількості бітів, потрібних для представлення кожного піксела. Повнокольорова картинка розміром 1024x768 пікселів займає більше двох мегабайт пам'яті, а одна секунда відеофільму телевізійної якості в растровому вигляді – близько тридцяти мегабайт. Таким чином графічними файлами дискову пам'ять можна заповнити миттєво. Виходом з даної ситуації є використання методу, що називається стисненням зображень.

Стиснення даних є одним з найбільш актуальних напрямків сучасної теорії інформації, й цілком справедливо можна говорити про методи компресії як про один з найважливіших засобів забезпечення оптимального та ефективного функціонування інформаційно-комунікаційних систем.

Таким чином одним з найважливіших завдань сучасної теорії інформації є розробка та реалізація нових методів стиснення, що забезпечують максимальний ступінь компресії з одночасною мінімізацією рівня спотворень даних у відновленій інформаційній структурі.

Розглянемо принцип стиснення зображень, побудованого на базі методу двоозначного структурного кодування (ДСК) [1]. Структурно-логічна модель кодера ДСК включає наступні етапи:

1. Кольорове зображення переводиться в формат представлення для моделі RGB. Піксели кожної компоненти формують в блоки 8×8, що називаються сегментами зображення. Якщо число рядків або стовпців вихідного зображення не кратно 8, то верхній рядок і правий крайній стовпець повторюють потрібну кількість разів.

2. До кожного сегменту зображення застосовують дискретне косинусне перетворення (ДКП). В результаті трансформації матриці зображення на базі ДКП отримують блоки 8×8 частот одиниць даних.

3. Кожен з 64 елементів частот одиниць даних ділять на число – коефіцієнт квантування – округляють до цілої частини. На даному етапі відбувається необоротна втрата інформації.

Оскільки на даному етапі квантовані сегменти містять від'ємні значення, доцільно сформувати матриці знаків за правилом:

$$s_{k,\ell} = \begin{cases} 0, & \rightarrow c_{k,\ell} \geq 0; \\ 1, & \rightarrow c_{k,\ell} < 0. \end{cases}$$

Тут  $s_{k,\ell}$  -  $(k;\ell)$ -й елемент матриці знаків, що надає інформацію про знак компоненти  $c_{k,\ell}$ .  $k = \overline{1, q_r}$ ;  $\ell = \overline{1, q_c}$ , де  $q_r$ ;  $q_c$  - кількість рядків та стовпців растру зображення, відповідно.

5. На цьому етапі застосовують базовий метод стиснення даних – кодування методом ДСК [2,3]. Завданням даного етапу є формування кода-номера методом ДСК для двійкових послідовностей, які складають структуру зображення, згідно виявлених структурних надмірностей з урахуванням структурних ознак сегменту зображення. У результаті здійснення даного кроку кодером формується масив значень кодів-номерів для зображення. Крім того формуються таблиці параметрів структурних ознак ДСК, що містять значення векторів обме-

жень на позиції з допустимою появою одиниць і числа серій одиниць в кожній з допустимих зон, які необхідні декодеру для подальшого однозначного декодування даних.

6. На наступному етапі застосовують кодування послідовностей кодів-номерів методом RLE з метою збільшення ступеня стиснення початкового зображення. Принцип кодування методом RLE полягає в такому: ненульові елементи надходять без змін, а послідовності нулів – кодуються стандартно двома числами, перше з яких – 0 – прапор (позначає початок послідовності нулів), другий – значення довжини даної послідовності.

Також на даному етапі за таким же принципом проводять кодування таблиці, що містить значення числа серій одиниць в кожній з допустимих зон двійкових послідовностей, для яких сформовано код-номер та матриці знаків. Структурна схема кодера наведена на рис. 1.

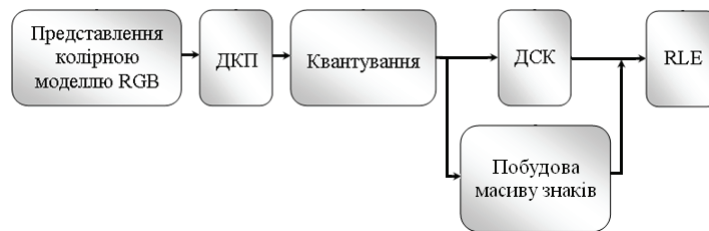


Рис. 1. Блок-структурна схема реалізації процедури стиснення на основі методу ДСК

Сформований спосіб стиснення зображень дозволяє підвищити значення коефіцієнту стиснення  $k_{cm}$  в порівнянні з відомими методами в 1,3-4,2 рази для широких класів джерел повідомлень.

Мета та завдання роботи: створення математичної та структурно-логічної моделі декодера даних, стиснених з урахуванням методу ДСК. При цьому до задач дослідження відносяться:

- визначення основних етапів процедури відновлення інформації декодером при формуванні декодованого потоку даних;
- оцінка розбіжності відновлених та вихідних зображень.

Розглянемо ітерації процедури відновлення.

*Перша ітерація.* Згідно процедури кодування, описаної в [1], на вхід декодера подаються дані: значення кодів-номерів ДСК, значення числа серій одиниць в кожній з допустимих зон двійкових послідовностей (ДП), для яких сформовано код-номер, матриці знаків – всі закодовані згідно методу RLE. Тому на першому етапі процедури відновлення відбувається декодування RLE (Рис. 2).

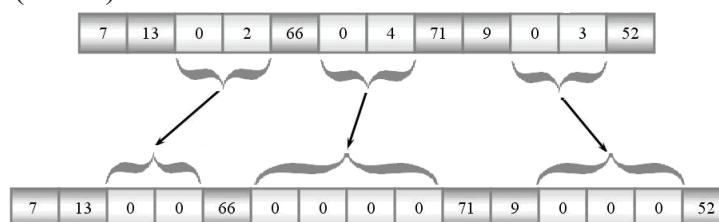


Рис. 2. Графічна модель алгоритму декодування RLE

Принцип декодування RLE полягає в наступному: якщо декодер отримує нуль (прапор), то це означає, що має бути відновлена послідовність нульових елементів, довжина відновлюваної послідовності визначається числом, що слідує за прапором, далі декодер переходить до елемента, що слідує за значенням довжини послідовності нулів. Якщо на вхід декодера подається ненульовий елемент, то він записується у відновлену послідовність без змін і відбувається перехід до наступного елемента. Оскільки кодування RLE застосовувалося порядково для кожного сегмента матриці з кодами-номерами, то при послідовному відновленні 64 елементів буде сформовано сегмент  $8 \times 8$  матриці кодів-номерів.

*Друга ітерація.* На даному етапі застосовується базовий метод декодування – ДСдК. Завданням даного етапу є відновлення певної ДП у структурі зображення згідно кода-номера та відповідних структурних ознак. Уточнимо, які саме складові структури зображення будуть відновлені.

При кодуванні ДСК квантоване зображення розбивається на одиниці даних у вигляді сегментів розмірністю  $8 \times 8$ . Кожне з числових значень представляється у вигляді 8-бітового двійкового числа (тобто кожним сегментом є паралелепіпед довжина якого складає 8 біт, а ширина й висота дорівнюють розмірності сегменту  $8 \times 8$ ). Кожен сегмент складається з восьми шарів. До складу кожного шару входить по 8 стовпців розмірністю в 8 біт. На рис. 3 зображено принцип просторової структуризації сегменту.

При кодуванні ДСК код-номер формувався для кожного стовпця кожного шару сегментів зображення. Отже на цьому етапі декодування з кожного кода-номера буде відновлений один з восьми стовпців кожного з восьми шарів сегменту зображення. 64 коди-номери, що складають блок  $8 \times 8$  у матриці кодів-номерів, визначатимуть відповідний сегмент квантованого зображення.

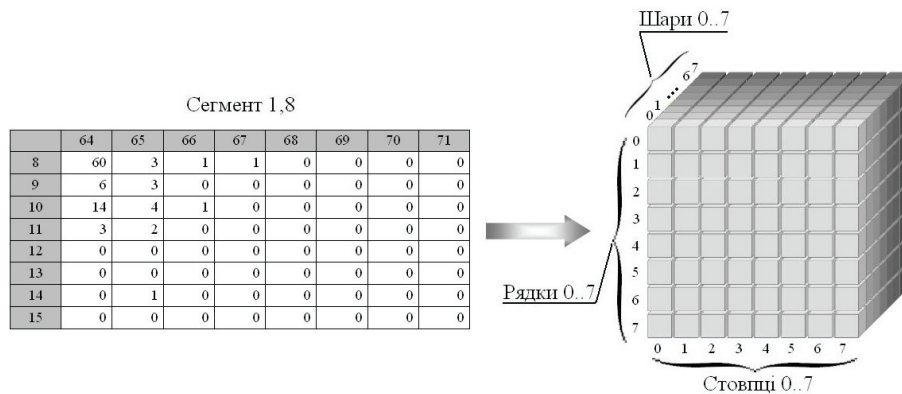


Рис. 3. Графічна модель структуризації зображень з урахуванням методу ДСК

*Третя ітерація.* На даному етапі відновлюються від'ємні значення компонент квантованих сегментів. Відновлення відбувається згідно вмісту матриць знаків за правилом:

$$c_{k,\ell} = \begin{cases} c'_{k,\ell}, & \rightarrow s_{k,\ell} = 0; \\ -c'_{k,\ell}, & \rightarrow s_{k,\ell} = 1. \end{cases}$$

Тут  $s_{k,\ell}$  -  $(k;\ell)$ -й матриці знаків, що надає інформацію про знак компоненти  $c_{k,\ell}$ ,  $c'_{k,\ell}$  - значення компоненти до відновлення інформації про її знак.

$k = \overline{1, q_r}$ ;  $\ell = \overline{1, q_c}$ , де  $q_r$ ;  $q_c$  - кількість рядків та стовпців растру зображення, відповідно.

Кожен з 64 елементів у сегментах квантованого зображення множиться на число – коефіцієнт квантування і округляється до цілої частини.

*Четверта ітерація.* Далі до кожного трансформованого сегменту зображення застосуємо обернене ДКП [4]. Оскільки піксели корельовано по двом напрямкам, при відновленні використовується двовимірне обернене ДКП, що задається формулою:

$$p_{xy} = \frac{1}{4} C_i C_j G_{ij} \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 \cos\left(\frac{(2y+1)j\pi}{16}\right) \cos\left(\frac{(2x+1)i\pi}{16}\right),$$

$$\text{де } C_f = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & f = 0; \\ 1, & f > 0. \end{cases}$$

Тут  $p_{xy}$  - числові значення пікселів зображення, що містяться в сегментах розмірністю  $n \times n$ ,  $G_{i,j}$  - числові значення осередків трансформант розмірністю  $n \times n$  (в даному випадку  $n=8$ ). Значення  $i$  та  $j$  змінюються в межах від 0 до  $n-1$ .

Під час процедури стиснення на етапі квантування та ДКП відбувається необоротна втрата інформації, тому при відновленні сегментів вихідного зображення останні зазнають деяких спотворень.

*П'ята ітерація.* На останньому етапі процедури відновлення відкидаються продубльовані верхній рядок та крайній правий стовпець. Блок-структурна модель, що описує основні

етапи визначеного процесу відновлення даних, стиснених з урахуванням методу структурного двоозначового кодування двійкових послідовностей, представлена на рис. 4.

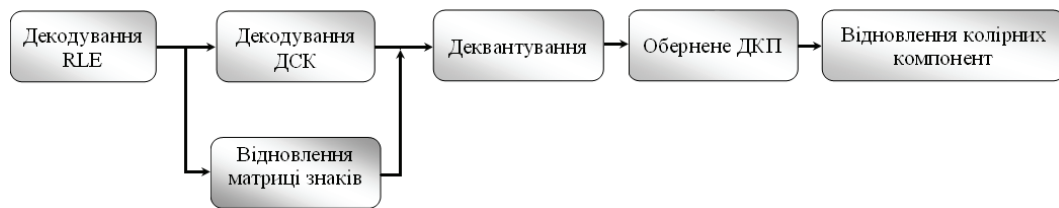


Рис. 4. Блок-структурна схема реалізації процедури відновлення даних, стиснених з урахуванням методу ДСК

Для оцінки якості відновлених зображень використовується значення пікового відношення сигнал/шум  $\delta$ :

$$\delta = 20 \lg \left( 2^q \sqrt{Q_\ell Q_c} / \sqrt{\sum_{i=1}^{Q_\ell} \sum_{j=1}^{Q_c} (x_{ij} - x'_{ij})^2} \right),$$

де  $q$  - кількість двійкових розрядів, що відводиться на представлення одного елементу вихідного зображення,  $Q_\ell$ ,  $Q_c$  - відповідно кількість рядків і стовпців в зображенні,  $x_{ij}$ ,  $x'_{ij}$  - значення  $(i; j)$ -го елемента відповідно для вихідного та відновленого зображень.

Згідно розрахунків, проведених після реалізації процедури кодування-декодування у програмному середовищі, були отримані значення пікового відношення сигнал/шум для різних класів тестових зображень: 53 дБ для дискретнотонових (штучних) зображень, 60 дБ для неперервно-тонових (природних) зображень. Разом з тим під час дослідження процедури стиснення зображень з урахуванням методу ДСК було розраховано коефіцієнт стиснення  $k$  для відповідних тестових зображень [1]: 4,79 для штучних зображень, 5,62 для природних зображень. На підставі отриманих даних можна зробити висновок, що досягається виграв в стисненні:

- в 2,76 разів у порівнянні з методами JPEG-LS та JPEG, та в 2,2 рази в порівнянні з методом JPEG-2000 для природних зображень;
- в 2,35 рази в порівнянні з методами JPEG-LS та JPEG-2000, та в 2,6 разів у порівнянні з методом JPEG-2000 для штучних зображень.

## Висновки

Розроблено математичну та структурну моделі процедури декодування зображень, стиснених за допомогою методу, що враховує двоозначове структурне кодування двійкових послідовностей у структурі зображення. Визначено основні етапи процедури обробки інформації декодером. Проведено оцінку розходження відновлених та вихідних зображень. В якості метрики для оцінки похибки використано пікове значення відношення сигнал/шум. Для розробленого методу значення цієї величини склало близько 60 дБ для широкого класу зображень. Вдалося досягти збільшення ступеня стиснення у порівнянні з існуючими методами в середньому в 2,5 рази для штучних та природних зображень.

## Список літератури

1. Юдін О.К. Структурно-логічна модель кодера стиску інформаційного потоку даних / Юдін О.К., Чеботаренко Ю.Б., Курінь К.О. // Вісник Інженерної академії України. – К.: НАУ, 2010. – 4 вид. – с. 151-157.
2. Юдін О.К. Кодування в інформаційно-комунікаційних мережах: – Монографія. - К.: НАУ, 2007.-308с.
3. Yudin O.K. The parallel bi-indication encoding end renewal of data in binary polyadic space// Вісник НАУ. – 2006. – №4.– С. 3-7
4. Д. Селомон. Стиснення даних, зображень і звуку. – М.:Техносфера, 2006. – 386 с.