

УДК 621.327:681.5

ОЦІНКА ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНОЛОГІЇ КОМПРЕСІЇ ЗОБРАЖЕНЬ**О. К. Юдін**, д-р техн. наук, проф.; **Ю. П. Бойко**

Національний авіаційний університет

kszi@ukr.net

Запропоновано модель оцінки ступеня скорочення об'ємів відеоданих за наявності обмежених втрат якості візуалізації зображень на основі методу стиснення з використанням адаптивного одноосновного позиційного кодування масивів довжин серій двійкових елементів (СДЕ) бітового опису трансформант. Описано етапи створення моделі оцінки витрат кількості операцій на обробку зображень з урахуванням таких особливостей: формування масиву довжин серій двійкових елементів досягається в результаті індексування серій двійкових елементів в одномірній послідовності на основі їх лінійних координат; формування коду для адаптивного одноосновного позиційного числа в процесі стиснення бітового опису трансформант проводиться без часових затримок на обчислення вагових коефіцієнтів, що скорочує кількість операцій множення; виділення кількості розрядів під кодове слово здійснюється в результаті виконання тільки однієї операції множення. Проведено порівняльну оцінку запропонованого методу з існуючими методами стиснення в режимі наявності обмежених втрат якості візуалізації зображень за ступенем об'єму відеоданих, що скорочується, і часу на їх обробку.

Ключові слова: стиснення трансформованих зображень, одноосновне кодування, метод стиснення.

In this paper proposed a model for evaluating the degree of reduction in the volume of video data with the limited availability of quality loss visualization images based on compression method using adaptive array monobasic positional encoding lengths of series of binary elements (CDE) of bit description transformant. Described the stages of creating the model cost estimates the number of operations for processing images with the following features: the formation of an array of lengths of series of binary elements is achieved by indexing series of binary elements in the one-dimensional sequence based on their linear coordinates; formation code for adaptive monobasic positional number in the compression bit description transformant carried out without time delays on the calculation of weights which reduces the number of multiplications; allocation of the number of discharges under the codeword implemented as a result of only one multiplication. Proposed a comparative evaluation of the proposed method with the existing methods of compression in available mode as a limited loss of visualization of images in the degree of volume of video data, that is reduced, and the time for its processing.

Keywords: transformed images compression, monobasic coding, compression method.

Вступ

Розвиток інформаційних технологій зумовив появу великих масивів даних, які необхідно обробляти, структурувати і аналізувати для прийняття оптимальних управлінських рішень. Разом з тим час, що відпущений на прийняття управлінських рішень або, тим більше, рішень, прийнятих у критичних ситуаціях, скорочується.

Для зниження часу обробки системами підтримки прийняття рішень даних потрібно зменшувати їх обсяги.

Сучасні системи підтримки та прийняття рішень забезпечують збирання, оброблення та зберігання інформації, яка надходить зі стаціонарних (камери зовнішнього відеоспостереження, датчики) і мобільних (безпілотні літальні апарати, транспортні засоби) пунктів збору критичної інформації. На сьогодні для зниження обсягів відеоінформації використовуються технології компресії зображень [1–2].

Однак характеристик, які забезпечуються існуючими методами зниження обсягів відеозображень, недостатньо для їх обробки в режимі реального часу.

Отже, розробка методу стиснення зображень для зниження їх обсягів при збереженні заданої якості візуалізації є **актуальною науково-прикладною задачею**.

Для вирішення цієї задачі було розроблено метод компресії зображень з попереднім квантуванням компонент трансформант дискретного косинусного перетворення, що враховує умови вбудовування адаптивного одноосновного позиційного кодування, і забезпечує: підвищення ступеня стиснення; виключення неконтрольованих втрат якості відновлюваних зображень, зумовлених як усуненням психовізуальної надмірності, так і недостатнім вибором службових даних для опису структурних компонент на етапах перетворення даних; зниження часу обробки, як на етапах попередньої обробки, так і на етапах кодування для скорочення надмірності [3–4].

У зв'язку з цим необхідно провести оцінку ступеня скорочення об'ємів відеоданих з наявністю обмежених втрат якості візуалізації зображень на основі зазначеного методу стиснення з використанням адаптивного одноосновного позиційного кодування масивів довжин СДЕ бітового опису трансформант.

Мета роботи — побудова моделі оцінки ступеня скорочення об'ємів відеоданих за наявності обмежених втрат якості візуалізації зображень на основі запропонованого методу стиснення.

Основний матеріал

Оцінка ступеня скорочення об'ємів відеоданих. Проведемо оцінку ступеня скорочення об'єму відеоданих для розробленого методу компресії. При цьому необхідно врахувати, що:

– реалізується механізм усунення психовізуальної надмірності за рахунок скалярного квантування компонент трансформанти. На цьому етапі вносяться основні втрати щодо якості візуалізації зображень;

– скорочення просторової надмірності організується для бітового опису трансформанти;

– здійснюється попереднє виявлення довжин серій областей двійкових елементів, що дозволяє підготувати умови для скорочення статистичної й структурної надмірності;

– кодування проводиться для адаптивних одноосновних позиційних (АОП) чисел, утворених на базі послідовності довжин серій двійкових елементів, що дозволяє скоротити структурну надмірність, і компенсувати вплив з боку низькокогерентних фрагментів на ступінь стиснення;

– скорочується кількість службових даних, що містять інформацію про контекст вектора довжин серій ДЕ останнього стовпця масиву A_v ;

– довжина кодового слова для подання коду $C(p)_k$ одноосьового позиційного числа визначається на основі використання адаптивної основи p , що забезпечує зменшення кодової надмірності, і формування кодограм рівномірної довжини V_c .

Ступінь скорочення об'єму V відеоданих оцінюється коефіцієнтом η стиснення.

У випадку використання процесів компресії зображень їх об'єм зменшується на величину,

$$\text{рівну } V \left(1 - \frac{1}{\eta} \right).$$

Оцінка коефіцієнта стиснення визначається за формулою $\eta = \frac{V}{V_c} = \frac{V}{V_{ci} + V_{ca}}$, і залежить від кількості розрядів, що відводять на кодове подання інформаційної V_{ci} і службової V_{ca} частин.

Об'єм V_{ci} інформаційної складової для розробленого методу стиснення залежить від кількості просторової надмірності, яка усувається, що досягається на етапах квантування компонент трансформант і виявлення довжин серій двійкових елементів для бітового опису трансформант із наступним їх кодовим поданням.

Об'єм \bar{V}_{ci} інформаційної складової, що припадає в середньому на один масив відеоданих оцінюється як

$$\bar{V}_{ci} = K V_c,$$

де V_c — довжина кодового слова, дорівнює $V_c = [\log_2(D_1 p - 1)] + 1$ біт.

Тут D_1 і p — ваговий коефіцієнт і основа старшого елемента АОП числа відповідно; K — кількість кодових слів, утворених для однієї трансформанти в бітовому описі, яка дорівнює

$$K = [S_\Sigma / S] + 1.$$

У цій формулі S_Σ і S — кількість довжин серій двійкових елементів у бітовому опису трансформанти і стовпця масиву A_v відповідно.

Причому величина S обчислюється як $S = V_{mc} / ([\log_2 mn] + 1)$.

Середній об'єм \bar{V}_{ci} на стиснене подання масиву відеоданих залежить від наявності втрат якості. Рівень візуалізації зображень у режимі обмежених втрат якості відповідає значенню ПВСШ, який дорівнює $\sigma = 50$ дБ.

Помірний рівень візуалізації досягається для $\sigma = 30$ дБ. Найбільше скорочення об'єму відеоданих досягається зі збільшенням втрати якості.

Об'єм V_{ca} службової складової визначається витратами кількості V_{m3} двійкових розрядів на подання матриць знаків і V_{m0} кодове подання адаптивної основи позиційних чисел, сформованих для довжин двійкових серій бітового подання трансформант. Тоді середній об'єм \bar{V}_{ca} службових даних, що доводяться на один масив відеоданих, буде дорівнювати

$$\bar{V}_{ca} = \bar{V}_{m3} + \bar{V}_{m0}.$$

Тут \bar{V}_{m3} і \bar{V}_{m0} — середній об'єм кодового подання матриці знаків й адаптивної основи відповідно, що припадає на один масив відеоданих.

З урахуванням цього середній \bar{V}_Σ сумарний об'єм на стиснене подання одного масиву буде дорівнювати

$$\bar{V}_\Sigma = \frac{V_\Sigma}{q_{mb}} = \frac{\bar{V}_{ci} + \bar{V}_{m3} + \bar{V}_{m0}}{q_{mb}} = \frac{K V_c + \bar{V}_{m3} + \bar{V}_{m0}}{q_{mb}},$$

де q_{mb} — кількість масивів відеоданих.

Оскільки розмір масиву дорівнює $m \times n$, а розмір зображення — $M \times N$, те $q_{mb} = M N / m n$.

У розписаному вигляді вираз для об'єму \bar{V}_Σ має вигляд

$$\bar{V}_\Sigma = \frac{mn \left(\left(\left[S_\Sigma \left(\left[\log_2 mn \right] + 1 \right) \right] + 1 \right) V_c / V_{mc} + \bar{V}_{m3} + \bar{V}_{m0} \right)}{MN} \quad (1)$$

Порівняльне оцінювання по середніх витратах на стиснене подання масивів відеоданих для відомого (НПК) і адаптивного одноосновного позиційного кодування (АОПК) наведено у вигляді діаграм на рис. 1.

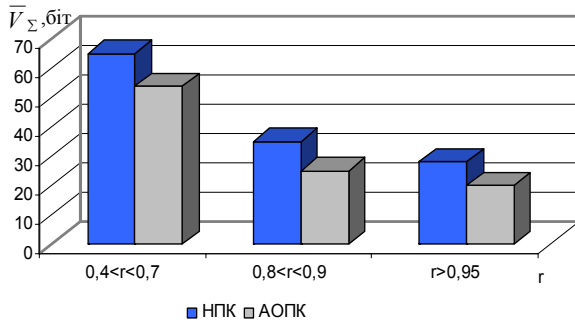


Рис. 1. Значення об'єму \bar{V}_Σ для методів НПК і АОПК при $\sigma=27$ дБ залежно від ступеня корельованості зображень

Рівень внесених втрат якості відповідає піковому відношенню сигнал/шум $\sigma=27$ дБ, а оброблення зображення обираються по трьох класах залежно від ступеня їх корельованості. У розрахунок приймаються тільки ті похибки, які вносяться на етапі квантування компонент трансформант.

З аналізу діаграм на рис. 1 можна зробити такі висновки:

- у режимі наявності обмежених втрат якості на рівні $\sigma=27$ дБ середні витрати біт на один масив змінюються від 20 до 50 біт залежно від ступеня когерентності зображень;

- у випадку адаптивного одноосновного позиційного кодування досягається зниження середніх об'ємів стисненого подання масиву відеоданих щодо відомого НПК на рівні 12 % для слабкорельованих і на рівні 7 % для сильнокорельованих зображень.

Причому такий вигреш досягається без внесення додаткових похибок в оброблювані зображення.

Отриманий вигреш щодо зниження об'ємів на стисле подання зображень досягається за рахунок скорочення кількості службових даних, що несуть інформацію про вектори довжин серій двійкових елементів у стовпцях масиву A_v і векторі основ.

Для відомого об'єму \bar{V}_Σ ступінь стиснення η для розробленого методу визначається на основі співвідношення

$$\eta = \frac{dmn}{\bar{V}_\Sigma} = \frac{dmnMN}{mn \left(\left(\left[S_\Sigma \left(\left[\log_2 mn \right] + 1 \right) \right] + 1 \right) V_c / V_{mc} + \bar{V}_{m3} + \bar{V}_{m0} \right)}$$

або

$$\eta = \frac{dMN}{\left(\left[S_\Sigma \left(\left[\log_2 mn \right] + 1 \right) \right] + 1 \right) V_c / V_{mc} + \bar{V}_{m3} + \bar{V}_{m0}} \quad (2)$$

У цій формулі під величиною d розуміється глибина оцифрування елемента зображення, тоді dmn — об'єм масиву відеоданих, розміром $m \times n$ елементів.

З урахуванням даних на рис. 1, отриманих для середнього об'єму \bar{V}_Σ для стисненого подання фрагмента можна оцінити коефіцієнт стиснення η . Для цього використовується формула (2), розмір блоку приймається рівним $m \times n = 64$, а $d = 8$ біт. Тоді середній ступінь стиснення залежно від ступеня кореляції для рівня переключень відповідному піковому відношенню сигнал/шум буде таким:

- для слабкорельованих зображень — 12 разів;
- для середньокорельованих зображень — 28 разів;
- для сильнокорельованих зображень — 35 разів.

Порівняльний аналіз за ступенем стиснення зображень для розробленого методу, що використовує технологію кодування адаптивних одноосновних позиційних чисел сформованих для стовпців масиву довжин серій двійкових елементів бітового опису трансформанти (АОПК) і методу формату JPEG для різних класів когерентності зображень наведені на:

- рис. 2 для пікового відношення сигнал/шум на рівні 27 дб;

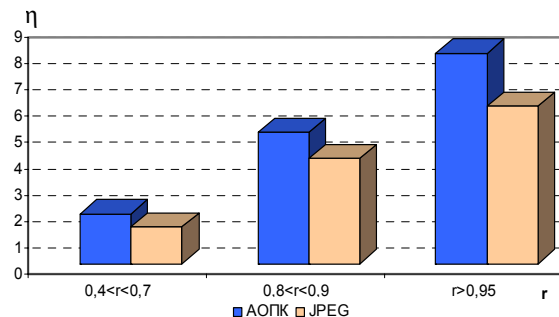


Рис. 2. Залежність η від корельованості зображень для $\sigma=50$ дБ

- рис. 3 для пікового відношення сигнал/шум на рівні 50 дб.

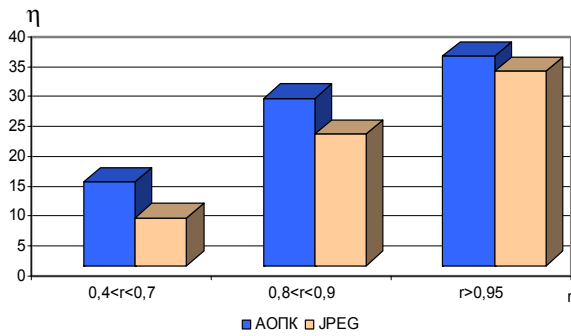


Рис. 3. Залежність η від корельованості зображень для $\sigma=27$ дБ

З розгляду діаграм на рис. 2 й 3 можна зробити такі висновки:

1) для розробленого методу в режимі обмежених втрат якості відновлених зображень, що відповідає рівню ПКСШ 50 дБ, забезпечується вигреш по скороченню стислого об'єму на рівні в середньому: а) 15 % для слабкорельованих і середнькорельованих зображень; б) 20 % для сильнокорельованих зображень;

2) у порівнянні з методами формату JPEG для запропонованого методу досягається вигреш по зниженню об'єму стислих зображень у режимі втрат якості на рівні ПКСШ 27 дБ у випадку обробки слабкорельованих зображень на 20 %, середнькорельованих зображень на 18 %. Водночас для сильнокорельованих зображень стислий об'єм для запропонованого методу перебуває на рівні стислого об'єму формованого методами формату JPEG.

Перевага створеної технології компресії полягає в тому, що:

1) без втрати інформації:

– скорочується структурна надмірність у площинах бітового опису трансформант, шляхом виявлення серій двійкових елементів;

– виключається кодова надмірність за рахунок зниження кількості розрядів на подання коду АОП числа;

– скорочується кількість службових даних, у результаті можливості відновлення стовпців масиву довжин серій ДЕ без використання додаткових відомостей;

– виключається використання розділових маркерів між кодограмами стислого подання трансформант у результаті побудови рівномірних за довжиною кодових слів;

2) при трансформації середньо- і сильнонасичених реалістичних зображень підвищується енергія у високочастотних компонентах, і порушується зигзагоподібна тенденція зменшення значень компонент ортогональних перетворень. Це призводить до зменшення довжини нульових

ланцюжків, а отже, знижує коефіцієнт стиснення аж до збільшення об'єму вихідного зображення;

3) для невеликих довжин нульових ланцюжків характерний рівномірний розподіл окремих елементів. Рівномірний розподіл також характерний і для ненульових компонентів трансформанти. Тому статистичне кодування (методи Хаффмана та арифметичні коди) не забезпечують додаткового стиснення трансформанти.

Методика оцінки часу обробки зображень

У процесі оцінки часових характеристик на стиснення і відновлення зображень для розробленого методу потрібно враховувати, що:

1) формування масиву довжин серій двійкових елементів досягається в результаті індексування серій ДЕ в одновимірній послідовності на основі їх лінійних координат;

2) формування коду для адаптивного одноосновного позиційного числа в процесі стиску бітового опису трансформант проводиться без часових затримок на обчислення вагових коефіцієнтів. На виконання чого в протилежному випадку потрібна була б затримка рівна $(S-1)$ -й операцій множення для обчислення вагового коефіцієнта D_1 , що склало б до 20 % часу від сумарного часу на кодування бітового опису трансформанти;

3) виділення кількості розрядів під кодове слово АОП числа здійснюється в результаті виконання тільки однієї операції множення;

4) процеси стиснення і відновлення є симетричними в плані виконуваних перетворень.

Розглянемо оцінку кількості операцій, які затрачуються на обробку зображення. Відповідно до запропонованої технології стиснення витрата кількості операцій під кожен етап обробки матиме такий вигляд.

Для етапу пов'язаного з перетворенням кольорового простору зображення:

– для отримання елемента складової яскравості Y потрібно виконати дві операції додавання (оп. дод.) і одну операцію циклічного зсуву (оп. ц. зс.), для реалізації функції ділення на 4;

– для отримання елемента монохроматичних складових U і V потрібно виконати по одній операції додавання/віднімання.

Тоді для одержання складової Y , розміром $M \times N$ елементів витрачається $2M \times N$ операцій додавання і $M \times N$ операцій циклічного зсуву. Відповідно для одержання складових U і V того ж розміру витрачається $M \times N$ операцій додавання.

Звідси в сумі на все перетворення зображення у кольороворазнісне представлення потрібно виконати:

а) $3M \times N$ (оп. дод.);

б) $M \times N$ (оп. ц. зс.).

На другому етапі для реалізації двовимірного дискретного косинусного перетворення масивів розміром $m \times n$ елементів потрібно виконати $k m n \log_2 m n$ операцій множення (оп. мн.) і $k m n \log_2 m n$ операцій додавання. Звідки на обробку всієї кількості $q_{\text{мв}}$ масивів відеоданих виконується $k M N \log_2 m n$ (оп. мн.) і $k M N \log_2 m n$ (оп. дод.). Отже, для трансформування трьох складових кольороворазнісної моделі виконується:

а) $3k M N \log_2 m n$ (оп. мн.);

б) $3k M N \log_2 m n$ (оп. дод.).

Третій етап процесу стиснення пов'язаний з реалізацією квантування компонент. Тут для відомої матриці квантування необхідно виконати $3M \times N$ операцій ділення (оп. діл.) для всіх трьох складових кольірних моделей.

Формування масиву довжин серій для бітових площин трансформанти, що проводиться на четвертому та п'ятому етапі, пов'язане з виконанням наступної кількості операцій:

а) для виявлення серій двійкових елементів у межах бітової площини виконується $m n$ операцій порівняння (оп. пор.), а для всього бітового опису трансформанти відповідно $d m n$ (оп. пор.), де d — кількість бітових площин;

б) для розбивання на підпоследовності потрібно визначити довжину стовпця S масиву довжин СДЕ, на що витрачається при відомій величині $m n$ всього одна операція ділення (оп. діл.).

Усього для формування масиву довжин СДЕ витрачається:

– $d m n$ (оп. пор.);

– 1 (оп. діл.)

Після чого формування стовпців масиву довжин серій ДЕ може проводитися в рамках розгляду підпоследовностей довжин серій БОТ.

Шостий етап процесу стиску пов'язаний з обчисленням коду для адаптивного одноосновного позиційного числа. Оскільки АОП числа утворюються для стовпців масиву довжин серій ДЕ, то на цю обробку потрібно затратити таку кількість операцій:

а) на формування адаптивної основи p витрачається $K S$ (оп. пор), де S — кількість рядків, а K — їх довжина;

б) формування доданку $v_{s+(k-1)S,k} D_s$ вимагає виконання однієї операції множення;

в) визначення коду для АОП числа довжиною S елементів пов'язане з витратою $(S-1)$ операції додавання.

Звідси в сумі на адаптивне одноосновне позиційне кодування всіх стовпців масиву довжин серій ДЕ витрачається:

– $K S$ (оп. пор.);

– $K(S-1)$ (оп. мн.);

– $K(S-1)$ (оп. дод.)

Тоді для стиснення бітового опису всіх трансформант по трьох складових потрібно виконати таку кількість операцій:

– $3 M N(d + K S / m n)$ (оп. пор.);

– $3 M N / m n$ (оп. діл.);

– $3 M N K(S-1) / m n$ (оп. мн.);

– $3 M N K(S-1) / m n$ (оп. дод.).

Завершальний етап технології стиснення полягає у формуванні кодових слів. Для визначення довжини кодового слова, з урахуванням їх сталості в межах одного масиву відеоданих, потрібно затратити одну операцію множення. Відповідно для всіх масивів по трьох кольірних складових витрачається $3 M N / m n$ (оп. мн.)

Розглянемо порівняльну оцінку за часом обробки для існуючого методу стиснення на основі нерівноважного позиційного кодування (НПК) і розробленого методу, що використовує адаптивне одноосновне позиційне кодування (АОПК). Розрахунок часу обробки здійснюється за формулою $t_c = q_c / F_o$. Кількість операцій q_c на стиснення оцінюється для розмірів зображень, рівних 320×288 , 720×576 та 1280×720 пікселів. Розмір масивів відеоданих, на які розбивається зображення, дорівнює 8×8 елементів. Величина швидкодії F_o обчислювальних засобів вибирається з урахуванням того, що застосовуються універсальні обчислювальні засоби з використанням мікропроцесорів класу Intel Pentium Core2 Duo з оперативною пам'яттю 2 Гбайта та операційною системою Windows XP.

Порівняльна оцінка за часом t_c на стиснення зображень наведена рис. 4.

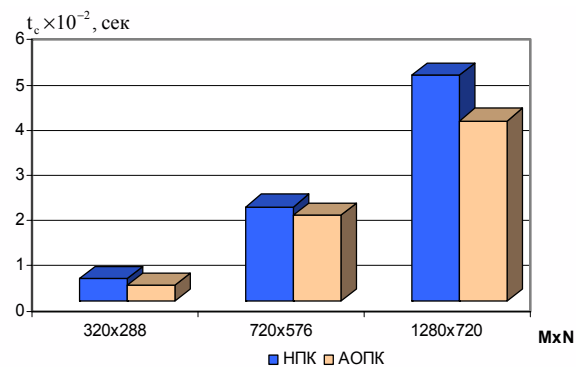


Рис. 4. Діаграма залежності часу t_c від розмірів зображень

Аналіз результатів досліджень на рис. 4.4 свідчить про те, що:

– часові витрати на стиснення зображень із використанням адаптивного одноосновного позиційного кодування виявляються в середньому на 17 % меншими, ніж для компресії зображень на основі методу НПК;

– витрати часу на стиснення із використанням універсальних обчислювальних засобів зображень HD якості на основі запропонованого методу АОПК не перевищують 0,04 с.

Дані результати вказують на те, що отриманий метод компресії допускається до застосування в інфокомунікаційних мережах для доставки відеоданих у реальному часі для систем підтримки і прийняття рішень.

Такий вииграш досягається за рахунок скорочення часових затримок у процесі обчислення коду АОП числа і формування для нього кодового слова.

Порівняльна оцінка різних методів стиснення за наявності обмежених втрат якості візуалізації за часом t_c , розглядається на рис. 5. Як існуючі методи для порівняння використовується метод JPEG.

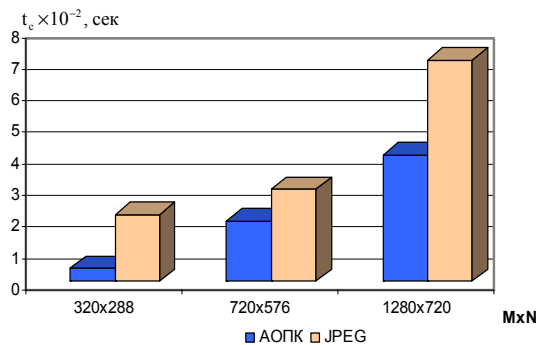


Рис. 5. Діаграма залежності величини t_c від розмірів зображень

Отримані на рис. 4 діаграми вказують на те, що вииграш за часом обробки з використанням розробленого методу стиснення на основі адаптивного одноосновного позиційного кодування (АОПК) щодо методу JPEG у режимі наявності обмежених втрат якості візуалізації досягається 60 %.

Такий результат обумовлений тим, що:

– адаптивне одноосновне позиційне кодування стовпців масивів довжин серій двійкових елементів бітового опису трансформанти витрачає меншу кількість операцій, ніж статистичні кодири методу JPEG;

– кодири JPEG мають підвищену складність програмної і технічної реалізації у зв'язку з необхідністю синхронізації і маркування нерівномірних кодових комбінацій;

– у випадку адаптивного кодування Хаффмана для кожної трансформанти потрібно обчислювати статистику, будувати кодові таблиці й організувати подвійний прохід за оброблюваними даними, а при відновленні весь фрагмент буде відновлений тільки після перекодування всіх нерівномірних кодових слів. Це приводить до підвищення часу обробки особливо для середньо- і сильно насичених зображень;

Висновки

1. Побудовано модель оцінки ступеня скорочення об'ємів відеоданих за наявності обмежених втрат якості візуалізації зображень на основі розробленого методу стиснення з використанням адаптивного одноосновного позиційного кодування масивів довжин СДЕ бітового опису трансформант. У режимі наявності обмежених втрат якості на рівні пікового відношення сигнал/шум 27 дБ середні витрати біт на один масив змінюються від 20 до 50 біт залежно від ступеня когерентності зображень. Тут ураховується, що виключення неконтрольованих втрат якості забезпечується без використання службової інформації про вектор довжин серій ДЕ в стовпцях.

2. Порівняльна оцінка запропонованого методу показала, що:

– щодо відомого НПК досягається зниження середніх об'ємів стислого подання масиву відеоданих на рівні 15 % для слабокорельованих і на рівні 7 % для сильнокорельованих зображень. Причому такий вииграш досягається без внесення додаткових похибок в оброблювані зображення.

– щодо методу JPEG у режимі обмежених втрат якості відновлених зображень, що відповідає рівню ПКСШ 50дБ, забезпечується вииграш по скороченню стислого об'єму на рівні в середньому: 15% для слабокорельованих і середньокорельованих зображень, і 20% для сильнокорельованих зображень;

– щодо методу JPEG у режимі обмежених втрат якості відновлених зображень, що відповідає рівню ПКСШ 27дБ забезпечується наступний вииграш: у випадку обробки слабокорельованих зображень на 20 %, середньокорельованих зображень на 18 %. Водночас для сильнокорельованих зображень стислий об'єм для запропонованого методу залишається на рівні стислого об'єму сформованого методами формату JPEG.

3. Побудовано модель оцінки витрат кількості операцій на обробку зображень на основі запропонованого методу. При цьому враховуються наступні особливості:

– формування масиву довжин серій двійкових елементів досягається в результаті індексування серій ДЕ в одновимірній послідовності на основі їх лінійних координат;

– формування коду для адаптивного одноосновного числа в процесі стиску бітового опису трансформант проводиться без часових затримок на обчислення вагових коефіцієнтів, що скорочує кількість операцій множення;

– виділення кількості розрядів під кодове слово АОП числа здійснюється в результаті виконання тільки однієї операції множення.

4. Витрати часу на стиск із використанням універсальних обчислювальних засобів зображень HD якості на основі запропонованого методу АОПК не перевищують 0,04 с, і виявляються в середньому на 17 % меншими, чим для компресії зображень на основі існуючого методу НПК.

5. Виграш за часом обробки з використанням розробленого методу стиску на основі адаптивного одноосновного позиційного кодування (АОПК) щодо методу JPEG у режимі наявності обмежених втрат якості візуалізації досягається 60 %.

У роботі одержала подальший розвиток модель оцінки витрат кількості операцій на стиснення зображень із використанням їх трансформування, що відрізняється від відомих методик тим, що виключається етап обчислення вагових

коефіцієнтів адаптивного одноосновного позиційного числа. Це дозволяє скоротити час обробки за рахунок зменшення кількості операцій на процедуру множення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Юдин А. К. Метод восстановления изображений на основе декомпозиции обобщенных кодовых конструкций / А. К. Юдин, А. Ю. Школьник // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. — № 52. — 2013. — С. 30–37.

2. Бойко Ю. П. Адаптивне одноосновне позиційне кодування масивів довжин серій двійкових елементів / П. Н Гуржій, Ю. П. Бойко, В. Ф. Третьак // Радіоелектроніка й інформатика. — 2013. — № 2. — С. 22–27.

3. Гриньов Д. В. Методи стиснення зображень в системах цифрової обробки даних / Д. В. Гриньов, З. З. Закіров // Системи обробки інформації. — 2010. — № 2. — С. 66–70.

4. Шпортько О. В. Підвищення ефективності стиснення кольорових зображень у форматі PNG / О. В. Шпортько. — 2011.

Стаття надійшла до редакції 28.11.2014.