

УДК 629.391

ТЕХНОЛОГІЯ УЗАГАЛЬНЕНОГО КОДУВАННЯ АПЕРТУРНИХ СКЛАДОВИХ ДЛЯ БОРТОВИХ ЗАСОБІВ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ**Ю. М. Рябуха¹**, канд. техн. наук, **А. Ю. Школьник²**¹Харківський університет Повітряних Сил²Національний авіаційний університет

Barannik_V_V@mail.ru

Обґрунтовано підхід для стиснення зображень на підставі узагальненого кодування його координатно-структурної та порядково-масштабуючих складових. Такий підхід базується на: формуванні масивів довжин координатно-структурної та порядково-масштабуючих апертурних складових; додаванні сегменту кодограми структурно-координатної складової для виключення незначущих розрядів базової кодограми, побудованої для рядка масиву апроксимуючих величин. Викладено основні етапи розробки способу кодування масивів построчно-масштабуючої складової фрагменту зображення, які представляються у вигляді позиційних чисел з нерівними сусідніми елементами. Обґрунтовано властивість одновимірного позиційного представлення з нерівними сусідніми елементами, яке полягає у тому, що верхньою межею його коду є накопичений добуток основ.

Ключові слова: порядково-масштабуючий опис; узагальнений код.

Approach for image compression on the basis of the generalized coding its coordinate and structural and line-by-line scaling components is justified. Such approach is based on: formation of arrays of lengths coordinate and structural and line-by-line scaling aperture components; adding of a segment of the codegram of a structural and coordinate component for an exception of insignificant discharges of the basic codegram constructed for a line of an array of approximating values. The main development stages of a method of coding of arrays of a line-by-line scaling component of a fragment of the image which are represented in the form of positional numbers with unequal adjacent elements are explained. Property of one-dimensional positional representation with the unequal adjacent elements, consisting that upper bound of its code is stored work of the bases is justified.

Keywords: the line-by-line scaling description; the generalized code.

Вступ

Досвід останнього десятиріччя показує необхідність комплексного розвитку галузі дистанційного моніторингу з використанням бортових засобів телекомунікацій [1–3]. Тут потрібно підвищувати ефективність інформаційного забезпечення, і в першу чергу необхідно забезпечувати отримання оперативної відеоінформації про спостережувані об'єкти.

Основна науково-прикладна проблема, з якою стикаються, полягає в зниженні часу доставки видових зображень з необхідною роздільною здатністю. Однак аналіз існуючих характеристик бортової апаратури передачі даних показав, що вони не забезпечують своєчасну доставку оцифрованих зображень [4; 5]. Використання систем стиснення дозволяє знизити обсяги відеоданих. У той же час для їх інтегрування на борт потрібно враховувати особливості функціонування авіакомплексів. Аналіз існуючих систем стиснення з урахуванням характеристик бортової апаратури показав, що вони не забезпечують вимог щодо обсягів переданих відеоданих наданих з необхідною якістю за необхідний час обробки [3]. У працях [4; 5; 6] показано, що зниження часу доставки відеоінформації досягається з використанням методу, що забезпечує компресію

зображення з урахуванням того, що фрагмент зображення представляється двома апертурними складовими. Однак існуючі технології, що реалізують обробку апертур, базуються на роздільній обробці їх складових. Це обмежує можливості додаткового збільшення ступеня компресії відеоданих. Отже, необхідно використовувати підхід щодо двохкомпонентної компресії складових апертур на основі формування узагальненого кодового слова. Отже, *мета дослідження* полягає у розробці технології компактного представлення на основі узагальненого уявлення двох компонент апертурного опису зображень.

Формування концепції узагальненої обробки двох апертурних складових

Основними ключовими механізмами, що визначаються методологію процесів стиснення і відновлення зображень, є:

1. Види скорочуваної надлишковості. Для запропонованого підходу методологія скорочення надлишковості базується на формуванні для фрагмента зображення двох складових, а саме: нерівномірна координатно-структурна складова, яка формує локально-структурну архітектуру фрагмента зображення. Компонентами такої складової є довжини апертур, що виявляються вздовж рядків зображення; порядково-масштабуюча

складова, яка визначає якісну та колірну насиченість архітектурної форми фрагменту зображення. Компонентами такої форми є апроксимуючі колірні величини апертур.

2. Наявність попереднього перетворення колірної моделі.

3. Типи та параметри кодерів, що використовуються для скорочення надмірності.

4. Наявність можливості для додаткового зниження часу обробки і передачі даних для фіксованого обсягу компактно представлених відеоданих. У процесі побудови методу кодування пропонується організувати такі підходи, а саме:

– формувати кодовий опис завданої довжини. Наприклад, для зберігання в компактному вигляді відеоінформації в системах резервного копіювання, сховищах даних, на зовнішніх носіях інформаційно-обчислювальних систем. Тут кодовим словом буде машинне слово рівномірної довжини, що приймає значення від 16 до 64 біт залежно від системи;

– формувати узагальнене кодове подання, яке пропонується організувати на базі нарощування кодової конструкції порядково-масштабованого подання фрагменту зображення шляхом додавання до неї частини кодової комбінації, сформованої для елементів координатно-структурного опису. Це забезпечить такі можливості [5]:

По-перше, додатково підвищити ступінь стиснення за рахунок скорочення кількості кодової надлишковості, зумовленої наявністю незначущих нульових розрядів в базовій кодовій конструкції, побудованої на основі коду для елементів порядково-масштабованої складової фрагменту.

По-друге, підвищити оперативність обробки фрагментів зображень. Це пояснюється тим, що: буде існувати можливість проводити відновлення фрагменту зображення на основі реконструкції узагальненого кодового подання.

По-третьє, знизити обчислювальну складність, що вимагається для реалізації процесів обробки.

Формування кодового представлення порядково-масштабованої складової фрагменту зображення

Тут враховується те, що за умовою формування апертурного опису зображення допускається, що апертура містить елементи відеоданих, які відрізняються один від одного в деякому діапазоні. При цьому для забезпечення заданого рівня достовірності необхідно здійснювати обробку масивів апертурного опису зображення без внесення похибки. Тому формування кодового опису пропонується здійснювати на базі побудови кодових конструкцій для позиційних чисел з

урахуванням умови щодо нерівності елементів у рядках масиву $H_{m,n}^{(v)}$, тобто $h_{i,j} \neq h_{i,j+1}$, $j = \overline{1, n}$.

У цьому випадку дозволеними комбінаціями рядка масиву апроксимуючих величин будуть послідовності (рядки), для яких допускається рівність як мінімум для однієї пари сусідніх елементів, тобто:

$$h_{i,j} = h_{i,j+1}. \quad (1)$$

Тоді при обчисленні коду $E(h)_i$ для позиційних чисел з урахуванням нерівності сусідніх елементів, потрібно виключити всі комбінації, які:

– передують поточній;
– містять в собі як мінімум одну пару, для сусідніх елементів яких виконується рівність (1).

Введемо в розгляд підпослідовність $H(j)_i$, довжиною λ_j елементів, яка складається з необроблених елементів, а саме:

$$H(j)_i = \{h_{i,j}, \dots, h_{i,\chi}, \dots, h_{i,n}\}, \quad \chi = \overline{j, n}.$$

Відповідно кількість $\Delta V(h)_i^{(j)}$ допустимих послідовностей попередніх $H(j)_i$ знаходиться за формулою [4]

$$\Delta V(h)_i^{(j)} = \begin{cases} h_{i,j} (w(h)-1)^{(n-j)} - \Delta V(h'_{i,j} = h_{i,j-1}), \\ \rightarrow h_{i,j-1} < h_{i,j}; \\ h_{i,j} (w(h)-1)^{(n-j)}, \rightarrow h_{i,j-1} > h_{i,j}, \end{cases}$$

де $h_{i,j} (w(h)-1)^{(n-j)}$ — сумарна кількість перед послідовностей, для всіх елементів яких, крім j -го, виконуються обмеження на динамічний діапазон і на нерівність сусідніх елементів.

Співвідношення для обчислення коду рядка масиву порядково-масштабованої складової, що розглядається як позиційне число з нерівними сусідніми елементами буде мати такий вигляд:

$$E(h)_i = \sum_{j=1}^n \Delta V(h)_i^{(j)}.$$

Уведемо допоміжну величину $\mu_{i,j}$, яка дорівнює

$$\mu_{i,j} = \begin{cases} h_{i,j}, & \rightarrow h_{i,j} < h_{i,j-1}; \\ h_{i,j} - 1, & \rightarrow h_{i,j} > h_{i,j-1}. \end{cases} \quad (2)$$

Після чого, використовуючи величину $\mu_{i,j}$, співвідношення для коду $E(h)_i$ виглядатиме

$$E(h)_i = \sum_{j=1}^n \mu_{i,j} (w(h)-1)^{(n-j)}. \quad (3)$$

На початковому етапі обробки для елемента $h_{i,1}$ як передуючий елемент h_0 обирається значення $w(h)$, яке дорівнює динамічному діапазо-

ну масиву порядково-масштабної складової, тобто

$$h_0 = w(h). \quad (4)$$

Це пояснюється тим, що з одного боку на значення елементів, які передують елементу $h_{1,1}$ не накладаються обмеження стосовно нульового елементу. З іншого боку — обрання умови (4) забезпечить виконання нерівності $h_0 = w(h) > h_{1,1}$.

У випадку обробки всього масиву $H_{m,n}^{(v)}$ апроксимуючих величин апертур на основі виразу (3) формується послідовність кодів, тобто $E^{(v)} = \{E(h)_1, \dots, E(h)_i, \dots, E(h)_m\}$.

Отже, співвідношення (2)–(4) дозволяють визначити кодове значення для строки масиву апроксимуючих величин, які являють собою позиційні числа з нерівними сусідніми елементами.

У цьому випадку в результаті виключення послідовностей, що містять рівні сусідні елементи, досягається усунення структурної надмірності без внесення викривлень, навіть у випадках коли $w(h) \rightarrow L$ і $h_{i,j} \rightarrow w(h)$.

Побудова представлення фрагменту зображення на основі узагальненого кодування

Верхньою межею коду $E(h)_i$ для строки масиву порядково-масштабуючої складової є величина $\Delta V(H)_i$, яка дорівнює накопиченому добутку $(w(h)-1)^{(n)}$ основ елементів позиційного числа з нерівними сусідніми елементами, тобто [4]

$$E(h)_i < \Delta V(H)_i = (w(h)-1)^{(n)},$$

де $(w(h)-1)^{(n)}$ - кількість позиційних чисел з нерівними сусідніми елементами, що мають такі параметри: динамічний діапазон дорівнює $w(h)$, довжина числа дорівнює n .

Відповідно кількість розрядів $\log_2 E(h)_i$, яке відводиться для представлення величини $E(h)_i$, буде обмежено зверху величиною $D(h)_i$:

$$\log_2 E(h)_i \leq D(h)_i = n \log_2 (w(h)-1). \quad (5)$$

Співвідношення (5) забезпечує визначення верхньої межі витрат кількості двійкових розрядів на представлення коду для ПЧНСЕ з параметрами $w(h)$ та n .

Базове значення ОК $E(h)_i$ будується на основі коду для елементів строки масиву $H_{m,n}^{(v)}$, які розглядаються як позиційне число з нерівними сусідніми елементами. У загальному випадку значення $E(h)_i$ визначається за формулою

$$E(h)_i = \sum_{j=1}^n (w(h)-1)^{(n-j)} \cdot \begin{cases} h_{i,j}, & \rightarrow h_{i,j} < h_{i,j-1}; \\ h_{i,j}-1, & \rightarrow h_{i,j} > h_{i,j-1}. \end{cases}$$

Для представлення коду $E(h)_i$ відводиться рівна кількість розрядів, яка дорівнює D_{nec} . При цьому максимальна кількість розрядів $D(h)_i$, яка має бути використана на представлення величини $E(h)_i$ знаходиться у відповідності до умови (5), як

$$D(h)_i = [n \log_2 (w(h)-1)] + 1 \text{ (біт)}.$$

Оскільки виконується нерівність

$$D(h)_i < D_{nec}, \quad (6)$$

то $\Delta D > 0$, тобто. у кодовій комбінації будуть міститися нульові елементи, де

$$\Delta D = D_{nec} - D(h)_i. \quad (7)$$

Для скорочення кодової надлишковості пропонується заповнювати (нарошувати) базову кодограму на підставі сегменту $\Delta_u D(\ell)_\xi$ кодограми, отриманої для строки масиву структурно-координатної складової.

Це викликано тим, що для реалістичних зображень значення елементів масивів довжин апертур в середньому мають менший динамічний діапазон $(\ell_{i,max} - \ell_{min} + 1)$, ніж елементи масивів апроксимуючих величин, тобто $w(h) > \ell_{i,max} - \ell_{min} + 1$. Тому один код для координатно-структурної складової буде містити більшу кількість елементів, ніж один код для порядково-масштабуючої складової. Тому сегмент коду координатно-структурної складової може включати в себе стільки ж елементів, скільки містить код порядково-масштабуючої складової. Тоді в результаті декодування узагальненого коду буде забезпечуватися реконструкція відразу частини фрагменту зображень. Це забезпечить зниження часу обробки за рахунок зменшення кількості звернень до буферних пристроїв для зчитування кодових комбінацій. Звідси надлишкову кількість розрядів пропонується заповнювати за рахунок додавання до базового коду сегменту кодового опису, отриманого для послідовності елементів масиву довжин апертур. Кодограма стиснутого представлення рядка масиву структурно-координатної складової містить в собі значення коду $E(\ell)_\xi$, отриманого для ξ -го диференційного позиційного числа с локально-рівномірною основою. Її довжина $D(\ell)_\xi$ визначається як

$$D(\ell)_\xi = [n \log_2 (w(\ell)_\xi - 1)] + 1 \text{ (біт)}.$$

У результаті сегментації кодограма ДПЧ розбивається на U кодових частин:

$$D(\ell)_\xi = \bigcup_{u=1}^U \Delta_u D(\ell)_\xi,$$

де $\Delta_u D(\ell)_\xi$ — довжина u -го сегменту.

Довжина $\Delta_u D(\ell)_\xi$ кожного сегменту залежить від кількості не значимих (нульових) розрядів у відповідній u -й базовій кодовій конструкції, до якої він додається.

Кодограма строки КС складової в результаті сегментування буде розподілятися за базовими кодовими конструкціями.

У цьому випадку існує можливість формувати довжину кодограми рядка структурно-координат-

натної складової не з розрахунку заданої довжини коду, а на основі кількості розрядів на представлення максимально допустимого значення коду $E(\ell)_\xi$ ДПЧ с ЛРО.

Тоді виконується нерівність $D(\ell)_\xi < D_{nec}$, тобто довжина кодограми буде меншою, ніж задана довжина машинного слова. Звідси скорочується кількість сегментів, які необхідно розподілити за базовими кодовими конструкціями.

Процес нарощування базової кодограми полягає в підстановці на позиції незначущих елементів відповідного сегменту кодограми структурно-координатної складової (див. рисунок).

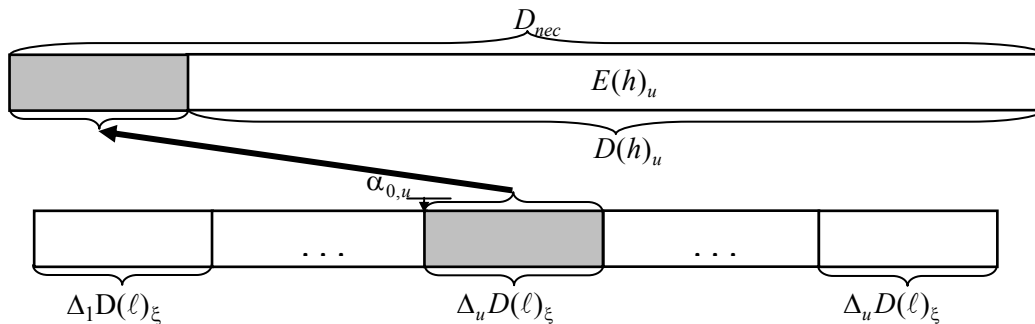


Схема нарощування базової кодограми

Для визначення довжини додаваного сегменту необхідно вирахувати довжину ΔD серії незначущих розрядів у базовій кодограмі, використавши формулу (7).

Після чого, якщо виконується нерівність (6), то провести підстановку сегменту, що відповідає довжині.

Довжина $\Delta_u D(\ell)_\xi$ сегменту буде визначатися на підставі співвідношення

$$\Delta_u D(\ell)_\xi = \Delta D = D_{nec} - D(h)_u.$$

Для виконання сегментації кодограми структурно-координатної складової потрібно знати інформацію не тільки про довжину поточного сегменту, але і його координати в кодограмі. Обчислення початкової $\alpha_{0,u}$ позиції u -го сегменту довжиною $\Delta_u D(\ell)_\xi$ пропонується здійснити за наступною формулою:

$$\alpha_{0,u} = \sum_{\eta=1}^{u-1} \Delta_\eta D(\ell)_\xi + 1,$$

де $\sum_{\eta=1}^{u-1} \Delta_\eta D(\ell)_\xi$ — сумарна кількість двійкових розрядів на представлення попередніх сегментів щодо u -го сегменту.

У результаті нарощування базової кодограми формується кодова конструкція $Z(h; \ell)_u$, довжи-

на якої дорівнює D_{nec} біт, а структура буде містити дві складові (див. рисунок)

$$Z(h; \ell)_u = Z(\ell)_{u,\xi} \cup Z(h)_u,$$

де $Z(h)_u$ — складова u -ї кодової конструкції, сформована на основі кодограми, що містить значення коду $E(h)_u$ строки порядково-масштабуючої складової; $Z(\ell)_{u,\xi}$ — складова u -ї кодової конструкції, що формується на підставі сегменту кодограми, що містить значення коду $E(\ell)_\xi$ строки структурно-координатної складової.

Отже, розроблено метод формування узагальнених кодових конструкцій стиснутого представлення фрагменту зображення на основі нарощування базової кодограми, отриманої для рядка масиву порядково-масштабуючої складової, шляхом додавання сегменту кодограми, отриманої для рядка масиву координатно-структурної складової.

Висновки

1. Розроблено метод формування узагальнених кодових конструкцій на базі додавання сегментів кодограми рядки координатно-структурної складової до базової кодограми, що формується на основі коду рядка масиву порядково-масштабуючої складової.

Це забезпечує обробку цілісної інформації про фрагмент зображення, і дозволяє додатково підвищити ступінь стиснення за рахунок скорочення кількості незначущих старших розрядів в кодових комбінаціях.

Базовий код формується для рядків масивів порядково-масштабуючого складового фрагменту зображення, що представляються у вигляді позиційних чисел з нерівними сусідніми елементами (ПЧНСЕ).

2. Створена технологія компактного представлення фрагменту зображення на основі кодування його координатно-структурної та порядково-масштабуючої складових.

Даний метод заснований на таких етапах:

1) організація оцінки позицій та кількості елементів для масивів апроксимуючих величин апертур і масивів довжин апертур, що беруть участь у побудові двокомпонентних складових для побудови узагальненого коду (УК);

2) здійснюється побудова двокомпонентного коду на основі першої кодової складової, що формується на основі елементів рядка масиву апроксимуючих величин;

3) проводиться обчислення другої кодової складової з урахуванням розгляду масиву довжин апертур як позиційного числа в диференціальному просторі.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Кашкин В. Б.* Цифровая обработка аэрокосмических изображений: конспект лекций / В. Б. Кашкин. — Красноярск : ИПК СФУ, 2008. — 121 с.

2. *Сэлмон Д.* Сжатие данных, изображений и звука / Д. Сэлмон. — М. : Техносфера, 2004. — 368 с.

3. *Баранник В. В.* Структурно-комбинаторное представление данных в АСУ / В. В. Баранник, Ю. В. Стасев, Н. А. Королева. — Х. : ХУПС, 2009. — 252 с.

4. *Школьник А. Ю.* Способ кодирования построчно-масштабирующей составляющей фрагмента изображения / А. Ю. Школьник, А. Н. Додух // Сучасна спеціальна техніка. — ДНДІ. — К., 2012. — № 2. — С. 32–38.

5. *Школьник А. Ю.* Обоснование двухкомпонентного подхода сжатия видеоданных в информационно-телекоммуникационных системах / А. Ю. Школьник, А. К. Юдин, Н. А. Королева // Информационно-управляющие системы на железнодорожном транспорте — УкрГАЗТ. — Харьков, 2012. — № 4. — С. 23–28.

6. *Yudin O.* Decompression of images on base of method of decoding according to the amount of bit changes / O. Yudin, K. Kurin // Наукоємні технології. — 2013. — Т. 18. — № 2. — С. 197–201.

REFERENCES

1. *Kashkin V. B.* Cifrovaya obrabotka aerokosmicheskikh izobrazhenij: konspekt lekcyj / V. B. Kashkin. — Krasnoyarsk : IPK SFU, 2008. — 121 s.

2. *Selomon D.* Data compression, image and sound / D. Selomon. — M. : Tekhnosfera, 2004. — 368 p.

3. *Barannik V. V.* Strukturno-kombinatornoe predstavlenie danih v ASU / V. V. Barannik, Y. V. Stasev, N. A. Korolyova. — H. : HUPS, 2009. — 252 s.

4. *Skolnik A. Y.* Sposob kodirovaniya postrochno-masshtabiruyushej sostavlyajushej fragmenta izobrazheniya / A. Y. Skolnik, A. N. Doduh // Suchasna specialna tehnika. — DNDI. — K., 2012. — № 2. — S. 32–38.

5. *Skolnik A. Y.* Obosnovanie dvuhkomponentnogo podhoda Szhatiya videodanih v informacionno-telekommunikacionnih sistemah / A. Y. Skolnik, A. K. Yudin, N. A. Korolyova // Informacionno-upravlyajushie sistemy na zheleznodorozhnom transporte — UkrGAZHT. — Harkov, 2012. — №4. — S. 23–28.

6. *Yudin O.* Decompression of images on base of method of decoding according to the amount of bit changes / O. Yudin, K. Kurin // Science-Based Technologies. — 2013. — Т. 18. — № 2. — С. 197–201.

Стаття надійшла до редакції 02.12.2013