

УДК 621.39

С.Ю. Стасев

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

## ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ВІДЕОКАДРІВ ДЛЯ БОРТОВИХ ЗАСОБІВ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Розглядаються існуючі технології обробки видових зображень в сучасних бортових засобах телекомунікацій. Вказується на наявність протиріччя між необхідністю зменшувати інформаційну інтенсивність для сильнонасичених фрагментів та підтримки відповідності відновлених фрагментів вихідному аерофотознімку. Описуються характеристики компонент трансформанти для ділянок зображення з різною структурною складністю. Обґрунтовується застосування розділової стратегії нормування з урахуванням структурної складності аерофотознімків. Пропонується проводити квантування опису трансформанти сегменту аерофотознімка по відношенню значення елементу вектору основи до деякого порогового значення. Обґрунтовується скорочення комбінаторної надмірності в результаті застосування подання масиву верхнього квантованого рівня в роздільному просторі.

**Ключові слова:** зображення, аерофотознімок, трансформанта, надмірність, кодування, квантування.

### Вступ

**Постановка проблеми в загальному вигляді.** Стрімкий розвиток інформаційних технологій привів до використання однонаправленої передачі видових зображень в системах спостереження. Відповідно до чого, з метою поліпшення якості системи управління в державних структурах відбувається активне впровадження таких систем [1]. Як результат, у відомчих організаціях, особливо в Міністерстві оборони України, широко поширюються системи аеромоніторингу з використанням безпілотних літальних апаратів. В результаті здійснення спостереження відбувається отримання видових зображень місцевості за допомогою аерофотографування. В силу важливості змісту отриманого зображення, виникає необхідність максимально знизити часові витрати на обробку і доведення даних аерофотознімка в умовах підтримки необхідного рівня відповідності відновленого зображення вихідному [2]. В процесі обробки аерофотознімків в різноманітних спеціалізованих пристроях застосовують математичний опис зображення як двовимірного сигналу, який характеризується деяким об'ємом інформації [3].

#### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Для обґрунтування варіанту рішення поставленої задачі необхідно розглянути існуючі технології обробки аерофотознімків. Ці технології (JPEG, JPEG2000) використовують обробку на базі статистичного кодування (кодів змінної довжини) [2]. В процесі обробки аерофотознімків в різноманітних спеціалізованих пристроях застосовують математичний опис зображення як двовимірного сигналу, який характеризується деяким об'ємом інформації [3]. При здійсненні кодування зображення виконується усунення психовізуальної надмірності із за-

стосуванням попередньої трансформації і подальшого нормування. Відповідна схема базової технології показана на рис. 1.

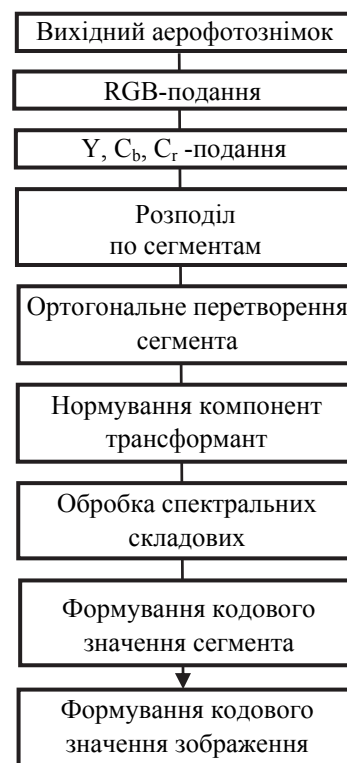


Рис. 1. Схема базової технології ефективного кодування із застосуванням попередньої трансформації та подальшого нормування

**Формулювання мети статті.** При виконанні базової технології початкове значення інформаційної інтенсивності потоку вихідних даних формується після етапу нормування. Ефективність базової технології виражається до зниження інформаційної інтенсивності, що фізично призводить до зменшення часових витрат на доставку даних аерофотознімка.

У теж час виникає проблема якості відновленого зображення при великих коефіцієнтах нормування.

Тому **мета статті** полягає в створенні розділової стратегії нормування з урахуванням структурної насиченості та обґрунтуванні підходу до формування квантованого опису трансформанти сегменту аерофотознімка.

### Виклад основного матеріалу

Для створення цієї стратегії необхідно детальніше розглянути процес нормування. При цифровій обробці аналогового сигналу відбувається зміна представлення широкого (і безперервного) діапазону вхідних значень в обмежений набір дискретних вихідних значень. Термін "нормування" у разі застосування при обробки зображень має на увазі округлення дійсних чисел до цілих або перетворення цілих чисел в менші цілі [4].

Особливістю людського зору є той факт, що в результаті слабкої чутливості до зміни високочастотних складових зображення надається можливість застосовувати до коефіцієнтів, що відповідають за високі частоти, грубіший крок квантування. Нормування відбувається в результаті ділення матриці коефіцієнтів  $x$  на так звану матрицю нормування  $W$  тобто

$$X_{ij} = \lfloor x_{ij} / w_{ij} \rfloor,$$

де  $x_{ij}$  – значення компоненти трансформанти;

$w_{ij}$  – значення компоненти матриці нормування;

$\lfloor x \rfloor$  – операція визначення цілої частини  $x$ .

Як правило, матриці нормування відрізняються для компонент колірності і яскравості [5]. У більшості алгоритмів обробки зображення нормування полягає у звичайному поелементному діленні значень компонент деякої робочої матриці на матрицю нормування. Для кожної компоненти кольорорізницевої моделі ( $Y, U$  і  $V$ ) задається своя матриця нормування  $W[\alpha, \beta]$ . Нормування задається наступною формулою:

$$x_{i,j}^{(Q)} = \left\lfloor \frac{x_{i,j}}{w_{i,j}} \right\rfloor.$$

На цьому етапі шляхом зміни ступеня стиснення задаються амплітуди вихідних значень компонент трансформанти,  $i$ , отже, визначається рівень втрат. При використанні матриці нормування з великими значеннями коефіцієнтів, виходить більша кількість нулів  $i$ , отже,  $i$  більше значення ступеня стиснення. З цього виходить, що при формуванні матриць нормування на етапі завдання величини значень їх елементів, з'являється можливість управляти ступенем стиснення. В результаті при більш високому значенні елементів матриці нормування менше буде діапазон значень елементів нормованої трансформанти  $X^{(Q)}[\alpha, \beta]$ , що призводить до можливості кодування із застосуванням меншої кількості інформації. Наприклад, в стандарті JPEG застосовуються матриці нормування, отримані емпіричним шляхом. Дві рекомендовані в стандарті JPEG дані по нормуванню для складової яскравості представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Дані по нормуванню для складової яскравості

i \ j	1	2	3	4	5	6	7	8
1	16	11	10	16	24	40	51	61
2	12	12	14	19	26	58	60	55
3	14	13	16	24	40	57	69	56
4	14	17	22	29	51	87	80	62
5	18	22	37	56	58	109	103	77
6	24	35	55	64	81	104	113	92
7	49	64	78	87	103	121	120	101
8	72	92	95	98	112	100	103	99

Значення елементів цих матриць для стандарту JPEG отримані досвідченим шляхом в результаті оцінок візуального сприйняття [6].

Для зміни значення коефіцієнта стискування робиться множення початкових матриць на деяке число.

Стандарт JPEG2000 має на увазі застосування власних таблиць нормування, проте при цьому їх вимагається передавати декодеру разом із стислими даними, що призводить до збільшення загального розмір закодованих даних. В якості альтернативи

можливе створення власних матриць нормування (поточної обробки) із застосуванням одного параметра  $R$ , який визначається користувачем.

В результаті застосування нормування для алгоритму будуть властиві деякі специфічні ефекти при великих значеннях коефіцієнта стиснення. Втрати в області низькочастотних компонент призводять до появи в отриманому зображенні квадратів  $8 \times 8$ . Втрати високочастотних компонент викликають так званий «ефект Гібса», коли навколо елементів аерофотознімка з різким перепадом стру-

ктурної насиченості з'являється деякий ореол.

X' Алгоритми JPEG і JPEG2000 застосовуються для стиснення зображення, з подальшим його візуальним сприйняттям, і отримане стисле зображення не придатне до подальшої цифрової обробки.

В результаті приходимо до висновку, що нормування застосовується для: економії пам'яті; зміна характеристик послідовностей стосовно подальшої компресії; регулювання ступеня стиснення і відповідно рівня втрат; підготовки для подальшої обробки; додавання ефектів.

Формування квантованого опису трансформанти сегмента аерофотознімка. В результаті виявлення залежностей нерівномірностей динамічних діапазонів та їх обмеженості для аерофотознімків з різними параметрами структурної складності, надається можливість зменшити кількість статистичної надмірності шляхом застосування структурно-блокового кодування в методі обробки аерофотознімків [7].

Для цього визначаються параметри обробки при виконанні нормування на основі параметрів структурної складності. Це призводить до утворення спектрального окремо-нормованого простору [8].

Значення компонент трансформанти  $X^{(w)}$  характеризуються динамічним діапазоном компонент  $x_{k\ell}$  у двовірному просторі з урахуванням діапазонів рядків  $\Delta_k$  і стовпців  $\Delta_\ell$  як величини

$$\Delta_{k\ell} = \min(x_{\ell, \max} + 1; x_{k, \max} + 1) \Delta_{k\ell} = \min(x_{\ell, \max} + 1; x_{k, \max} + 1).$$

Тут  $\Delta_{k\ell}$  – величина діапазону компоненти ;  $\Delta_{\ell, \max} \Delta_{\ell, \max}$  – величина діапазону  $\ell$ -го стовпця трансформанти ;  $\Delta_{k, \max} \Delta_{k, \max}$  – величина діапазону  $k$ -го рядка трансформанти  $X$ .

Для додаткового скорочення об'ємів стиснутих аерофотознімків пропонується використати їх квантування, яке утворюється при виявленні компонент трансформанти з високим динамічним діапазоном значень (рис. 2).

При квантуванні відбувається розподіл початкового масиву роздільного представлення  $X' = \{x'_{k\ell}\}$  на дві складові  $X^{(0)}$  і  $X^{(1)}$ . Приналежність до цих складових визначається відношенням величини  $\Delta_{k\ell}$  одному з двох рівнів динамічного діапазону масиву диференціального представлення, тобто

$$X \xrightarrow{S(x')_{\text{пор}}} \{X^{(0)}; X^{(1)}\},$$

де  $X^{(1)} X^{(1)}$  – складові масиву роздільного представлення, до складу яких входять відповідно елементи нижнього і верхнього квантованих рівнів.

Квантування в масивах диференціального представлення виникає внаслідок комбінованого підходу в процесі його формування. В результаті цього формується динамічний діапазон масиву роз-

дільного диференціального представлення, структура якого має мінімум дві градації. З цього виходить, що при квантуванні відбувається усунення структурної надмірності.

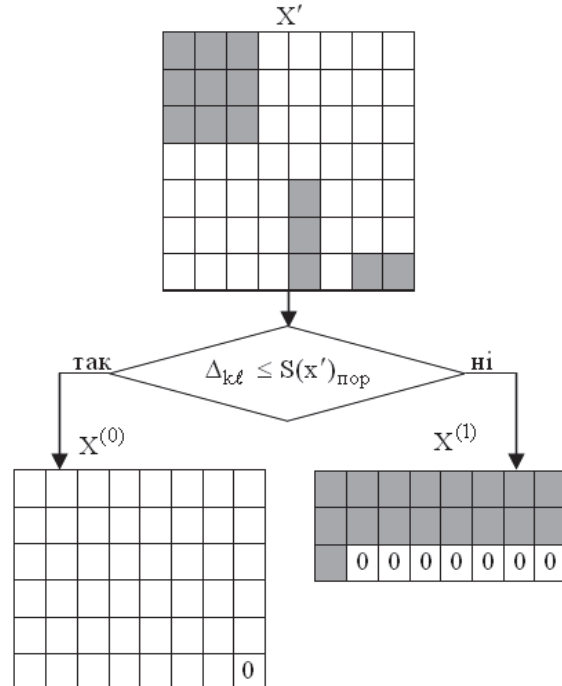


Рис. 2. Структурно-функціональна схема квантування масиву роздільного представлення

В цьому випадку можливе усунення недоліку, причина виникнення якого полягає у високому динамічному діапазоні окремих елементів масиву диференціального представлення. Це досягається за рахунок наступних характеристик складової  $X^{(1)}$  верхнього квантованого рівня:

- у масив верхнього діапазонного рівня квантованого представлення входять елементи, яким відповідають перепади на межі контура і основного фону фрагмента аерофотознімка;

- для елементів, яким відповідає межа контура і основного фону фрагмента аерофотознімка, характерний однорідний динамічний діапазон.

Ці характеристики використовуються в роздільному описі складовою верхнього квантованого рівня. При роздільному представленні масивів верхнього діапазонного рівня елементи масиву представляються як двовимірні позиційні числа в різницево-му просторі. При цьому код масиву  $X^{(1)}$  визначається відносно коду числа, яке відповідає мінімальному рівню  $V^{(2)}$  роздільного простору.

У зв'язку з чим пропонується враховувати мінімальні значення в кожному рядку масиву верхнього квантованого рівня в процесі формування мінімального рівня роздільного простору. При цьому утворюється вектор мінімальних значень в рядках,  $V = \{v_1, \dots, v_p\}$ . Значення величини  $v_i$  розраховується

ся як мінімальне значення в  $i$ -у рядку масиву  $X^{(1)}$  тобто

$$v_i = \min_{1 \leq j \leq \beta} \{ X_{ij}^{(1)} \}, \quad i = \overline{1, \alpha}.$$

Визначення мінімальних значень для кожного рядка дозволяє врахувати особливості динамічних діапазонів на межах об'єктів аерофотознімка.

В результаті цього досягається зміщення від початкового динамічного діапазону масиву  $X^{(1)}$  до зниженого динамічного діапазону, який задається вектором обмежень  $\text{Dist}$ , тобто  $\text{Dist} = \{ \text{dist}_{1j}, \dots, \text{dist}_{\beta j} \}$ .

Тут  $\text{dist}_{ij}$  – різниця між максимальним  $\Delta_{ij}^{(1)}$  і мінімальним  $v_i$  значеннями в  $i$ -у рядку масиву  $X^{(1)}$  верхнього квантованого рівня, тобто

$$\text{dist}_{ij} = \Delta_{ij}^{(1)} - v_i.$$

Нижній рівень  $V^{(2)}$  двовимірного роздільного простору розраховується, базуючись на значення елементів вектору  $V = \{v_1, \dots, v_m\}$ .

$$-v_i) \prod_{\xi=j+1}^{\beta^{(1)}} (\Delta_{i\xi}^{(1)} - v_i) \prod_{\gamma=i+1}^{\alpha} \prod_{\xi=1}^{\beta^{(1)}} (\Delta_{\gamma\xi}^{(1)} - v_\gamma) - v_i) \prod_{\xi=j+1}^{\beta^{(1)}} (\Delta_{i\xi}^{(1)} - v_i) \prod_{\gamma=i+1}^{\alpha} \prod_{\xi=1}^{\beta^{(1)}} (\Delta_{\gamma\xi}^{(1)} - v_\gamma) .$$

Тоді, оскільки виконуються нерівності:

$$\prod_{\xi=j+1}^{\beta^{(1)}} (\Delta_{i\xi}^{(1)} - \mu_i) \prod_{\gamma=i+1}^{\alpha} \prod_{\xi=1}^{\alpha} (\Delta_{\gamma\xi}^{(1)} - \prod_{\xi=j+1}^{\beta^{(1)}} (\Delta_{i\xi}^{(1)} - \mu_i) \prod_{\gamma=i+1}^{\alpha} \prod_{\xi=1}^{\alpha} (\Delta_{\gamma\xi}^{(1)} - \mu_\gamma) \leq \prod_{\xi=j+1}^{\beta^{(1)}} \Delta_{i\xi}^{(1)} \prod_{\gamma=i+1}^{\alpha} \prod_{\xi=1}^{\beta^{(1)}} \Delta_{\gamma\xi}^{(1)} - \mu_\gamma \leq \prod_{\xi=j+1}^{\beta^{(1)}} \Delta_{i\xi}^{(1)} \prod_{\gamma=i+1}^{\alpha} \prod_{\xi=1}^{\beta^{(1)}} \Delta_{\gamma\xi}^{(1)},$$

то приходимо до виразу:

$$\text{Dist} \leq Z^{(1)}.$$

При цьому код числа  $\text{Dist}$  у роздільному просторі, визначуваний як відносна відстань буде менше, ніж різниця між кодом числа  $Z^{(1)}$  і кодом нижнього рівня  $Z_{\min}^{(1)}$  у вихідному квантованому просторі, тобто

$$\text{Dist} \leq Z^{(1)} - Z_{\min}^{(1)}. \quad (1)$$

Істинність виразу (1) доводить той факт, що використання представлення масиву елементів верхнього квантованого рівня в роздільному просторі призводить до усунення комбінаторної надмірності, яке досягається :

– зменшенням розкиду значень елементів верхнього квантованого рівня за рахунок виявлення мінімальних значень, тобто виконання нерівностей

$$(x_{ij}^{(1)} - v_i) \leq x_{ij}^{(1)} \quad \text{і} \quad (\Delta_{ij}^{(1)} - v_i) \leq \Delta_{ij}^{(1)};$$

– скороченням кількості чисел, для яких не дотримується умова диференціального простору і які передують поточному числу.

Сумарна кількість  $\text{Numb}^{(2)}$  позиційних чисел, для яких виконується умова в диференціальному нерівноважному просторі розраховується згідно наступного виразу

Елементи нижнього рівня  $V^{(2)}$  задаються обмеженнями на динамічний діапазон верхнього квантованого рівня.

Зважаючи на це, значення відстані  $\text{Dist}$  між поточним масивом  $X^{(1)}$  і нижнім рівнем  $V^{(2)}$  двовимірного числа розраховується згідно наступної формули:

$$\text{Dist} = \sum_{i=1}^{\alpha} \sum_{j=1}^{\beta^{(1)}} (x_{ij}^{(1)} - v_i) \prod_{\xi=j+1}^{\beta^{(1)}} \text{dist}_{i\xi} \alpha \prod_{\gamma=i+1}^{\beta} \prod_{\xi=1}^{\alpha^{(1)}} \text{dist}_{\gamma\xi},$$

де  $(x_{ij}^{(1)} - v_i) = \bar{x}_{ij}^{(1)}$  – значення зміщення елементів поточного масиву в нижній рівень двовимірного ДНП, індекс позиції яких дорівнює  $(i; j)$ .

Обґрунтуємо необхідність представлення масиву  $X^{(1)}$  у двовимірному роздільному просторі. Для цього розпишемо значення коду  $Z^{(1)}$  у початковому просторі:

$$Z^{(1)} = \sum_{i=1}^{\alpha} \sum_{j=1}^{\beta^{(1)}} x_{ij}^{(1)} \prod_{\xi=j+1}^{\beta^{(1)}} \Delta_{i\xi}^{(1)} \prod_{\gamma=i+1}^{\alpha} \prod_{\xi=1}^{\beta^{(1)}} \Delta_{\gamma\xi}^{(1)}.$$

Розпишемо співвідношення і отримаємо:

$$\text{Numb}^{(2)} = \prod_{i=1}^{\alpha} \prod_{j=1}^{\beta^{(1)}} (\Delta_{ij}^{(1)} - v_i). \quad (2)$$

Формула (2) вказує на скороченій комбінаторній надмірності в результаті застосування представлення масиву верхнього квантованого рівня в роздільному просторі. Це призводить до зменшення часових витрат на доведення сильнонасичених фрагментів зображення.

## Висновки

1. Розроблена стратегія управління часовими витратами на доведення даних аерофотознімка шляхом застосування адаптивної нормалізації компонент сегменту зображення.

2. Розроблений підхід до формування квантованого опису трансформанти сегменту аерофотознімка на основі дворівневого представлення динамічного діапазону значень трансформанти, що дозволяє скоротити комбінаторну надмірність.

## Список літератури

1. Баранник В.В. Концепція формування стратегії нормирования с учетом структурной насыщенности аерофотоснимков / В.В. Баранник, А.А. Красноуцький, С.Ю. Стасев // АСУ и приборы автоматики. – 2015. – №172. – С. 13-17.

2. Баранник Д.В. Обоснование подхода для формирования квантованного описания трансформанты сегмента аэрофотоснимка / Д.В. Баранник, С.Ю. Стасев, Д.О. Медведев // АСУ и приборы автоматики. – 2015. – №173. – С. 63-67.

3. Баранник В.В. Метод эффективного кодирования разделенных по комбинированной схеме аэрофотоснимков / В.В. Баранник, С.Ю. Стасев, Р.В. Тарнополов // Радиоэлектроника и информатика. – 2016. - №2 (73). – С. 33-37.

4. Barannik V.V. The Method Of Controlling The Rationing Component Of Transformants Based On The Structural Richness Of Aerial Photographs Fragments / V.V. Barannik, S.A. Podlesny, S.Yu. Stasev // Science-based technologies. – 2016. – Vol. 31. – No 3. – Pp. 261-264.

5. Баранник В.В. Метод сокращения избыточности трансформанты аэрофотоснимка в маскированном пространстве / В.В. Баранник, С.А. Подлесный, С.Ю. Стасев, С.С. Шульгин // Информационно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2016. - №5. – С. 8.

6. Barannik V. Synthesis of Combined Cryptocompressed Systems for Providing Safety Video

Information in Infocommunications / Vladimir Barannik, Sergey Sidchenko, Ivan Tupitsya, Sergey Stasev // International Symposium [«IEEE East-West Design & Test»], (Batumi, Georgia, September 26–29, 2015) / Batumi: 2015.– P. 421-423.

7. Barannik V.V. The model of avalanche-relating effect in the process of images reconstruction in the combined cryptosemantic systems on the polyadic presentation / V.V. Barannik V.V. Larin, S.A. Sidchenko // Наукоємні технології. – 2010. - № 1(5). – С. 68-70.

8. Баранник В.В. Модель загроз безпеки відеоінформаційного ресурсу систем відеоконференцз'язку / А.В. Власов, В.В. Баранник, Р.В. Тарнополов // Наукоємні технології. – 2014. - № 1 (21). – С. 55-60.

Надійшла до редколегії 4.06.2017

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. В.В. Баранник, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ВИДЕОКАДРОВ ДЛЯ БОРТОВЫХ СРЕДСТВ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

С.Ю. Стасев

Рассматриваются существующие технологии обработки видовых изображений в современных бортовых средствах телекоммуникаций. Указывается на наличие противоречия между необходимостью уменьшать информационную интенсивность для сильнонасыщенных фрагментов и поддержания соответствия восстановленных фрагментов исходному аэрофотоснимку. Описываются характеристики компонент трансформанты для участков изображения с разной структурной сложности. Обосновывается применение разделительной стратегии нормирования с учетом структурной сложности аэрофотоснимков. Предлагается проводить квантование описания трансформанты сегмента аэрофотоснимка по отношению значения элемента вектора основания до некоторого порогового значения. Обосновывается сокращение комбинаторной избыточности в результате применения представления массива верхнего квантованного уровня в раздельном пространстве.

**Ключевые слова:** изображение, аэрофотоснимок, трансформанта, избыточность, кодирование, квантование.

## THE VIDEOFRAME PROCESSING TECHNOLOGY FOR ON-BOARD MEANS TELECOMMUNICATIONS

S. Stasev

The existing specific images processing technologies in modern information-telecommunication systems are considered. It is specified existence of a contradiction between need to reduce information intensity for the high saturated fragments and support of renewed fragments compliance to an initial aerial photograph. The transformanta component characteristics for the image with different structural complexity are described. The application of rationing dividing strategy taking into account aerial photographs structural complexity is proved. It is offered to carry out quantization of an aerial photograph transformant segment description on the attitude to basis vector element value towards some threshold value. It is proved the combinatory redundancy reduction as an application result of the top quantized level massif representation in separate space.

**Keywords:** image, aerial photograph, transformant, redundancy, coding, quantization.