

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ КЛАСТЕРИЗОВАНИХ ЗОБРАЖЕНЬ З ВРАХУВАННЯМ СТУПЕНЯ СЕМАНТИЧНОЇ НАСИЧЕНОСТІ В ПРОЦЕСІ АЕРОМОНІТОРИНГУ

Бараннік В.В., Мусієнко О.П., Стасев С.Ю.

Вступ

Актуальність досліджень. Аналіз підготовки і ведення операцій, локальних війн, а також характерна риса сучасних і майбутніх конфліктів, свідчить про характер ведення бойових дій. Зростаюча динаміка і швидкість військових дій, підвищення засобів ураження збройної боротьби і маневрених можливостей військ призводить до розширення масштабу операцій, а також перетворення морського, повітряного, космічного та сухопутного простору в єдиний глобальний театр воєнних дій. Так, в першу чергу, виникає суттєва потреба в отриманні своєчасних і достовірних даних як про свої об'єкти (сили) та засоби, так і про засоби супротивника в єдиному інформаційному просторі. В теперішній час ситуація, що склалася на південному сході України, з позиції інформаційного ресурсу системи управління обумовлена необхідністю задіяти безпілотні комплекси. При цьому потрібно враховувати, що близько 80% усієї інформації отримується шляхом використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Це надає можливість підвищити маневреність систем збору та обробки інформації та своєчасність її доставки.

Серед сучасних БПЛА іноземного виробництва можна виділити наступні моделі: "Pioneer", "WASP 3", "RQ - 11 Raven" - США; "BirdEye 500", Skylark - Ізраїль; "Spy Arrow" - Франція; "Орлан-10", "Форпост", "Дозор-100" - Росія. Серед українських розробок БПЛА, у тому числі і для потреб армії, можна виділити наступні моделі: А1-С "Фурія", "Spectator-M", "Patriot RV010", "Сокол-2", "Microvisor SM7", "UaViter", М-7Д "Небесний патруль", М-6-3 "Жайвір", М-10 "ОКО" та ін. Таким чином, на сьогодні у світі налічується більш ніж 100 фірм в 35 країнах, які займаються виробництвом і модернізацією безпілотних літальних систем [1]. Це свідчить про те, що безпілотні літальні комплекси стали невід'ємною частиною озброєння сучасних армій.

Завдяки сучасним БПЛА, які оснащені фотографічною, радіо- і радіотехнічною, інфрачервоною та іншою апаратурою, в процесі аеромоніторингу добуваються дані про різноманітні свої об'єкти, так і про об'єкти супротивника в різних кризових ситуаціях. Одним із затребуваних ресурсів інформації є аерофотознімки, які формуються в результаті ведення аеромоніторингу БПЛА.

Кінцевим етапом аеромоніторингу є дешифрування всього аерофотознімка та складання звіту про наземну обстановку і прийняття рішення. Основним завданням дешифрування є виявлення і розпізнавання на аерофотознімках об'єктів місцевості, визначення їх якісних і кількісних характеристик. Виходячи з цього оперативність управління з використанням БПЛА залежить від часових витрат на обробку і передачу аерофотознімка, на

зворотну обробку і дешифрування аерофотознімка. У теж час ефективність дешифрування залежить від роздільної здатності аерофотознімка і від ступеня збереження інформації про ключові ознаки дешифрування (яскравісна і контурна інформація). При цьому відбувається значний ріст інформаційної інтенсивності аерофотознімків. Передача аерофотознімків з борту БПЛА на наземний комплекс здійснюється по низькошвидкісним (обмеженим) радіолініях передачі інформації. Це призводить до різкого зростання часових затримок на доставку аерофотознімків. Тому для скорочення часу їх доставки застосовуються технології зменшення інформаційної інтенсивності, серед яких такими, що частіше застосовуються, є методи на основі JPEG-платформи [2, 3]. Більшість цих методів базуються на попередньому трансформуванні аерофотознімків, внаслідок чого відбувається скорочення як психовізуальної, так і статистичної надмірності. Вагоме зменшення інформаційної інтенсивності досягається шляхом скорочення психовізуальної надмірності. При цьому, скорочення інтенсивності досягається за рахунок втрати інформації та, як наслідок, відбувається руйнування інформації про ключові ознаки дешифрування, а також зниження достовірності отриманих аерофотознімків.

Отже, існує протиріччя, яке обумовлене тим, що з одного боку, для підвищення оперативності прийняття рішення необхідно зменшувати інформаційну інтенсивність аерофотознімків. З іншого боку, для підвищення правильності прийняття рішення в процесі дешифрування необхідно підвищувати роздільну здатність аерофотознімка та зберігати інформацію про дешифрувальні ознаки, що веде до збільшення інформаційного навантаження на канал передачі даних. Тому, підвищення оперативності доставки інформації при заданій якості дешифрування аерофотознімків з використанням безпілотних літальних апаратів аеромоніторингу, є актуальним.

Метою дослідження є розробка інформаційної технології щодо обробки аерофотознімків для підвищення оперативності доставки інформації в умовах забезпечення заданої якості дешифрування на основі семантичної класифікації та структурного кодування.

Основний матеріал

Технологія оцінки семантичної насиченості аерофотознімків. Висококонтрастні ділянки зображення, перепади яскравості, великі області зображення, лінійні розміри об'єктів складають найбільш інформативну частину аерофотознімка, тобто текстурні області і контури. При обробці таких областей слід враховувати безліч деталей: масштаб і роздільну здатність (детальність) аерофотознімків, кількість і розмір об'єктів і т.д. Тут особливу увагу необхідно приділити вибору семантичної насиченості в даних аерофотознімках. Під семантичною насиченістю аерофотознімка розуміється найбільш значима інформація про контури та границі об'єктів місцевості.

Для розробки методу оцінки семантичної насиченості аерофотознімків вимагається враховувати, як особливості функціонування бортового

комплексу БПЛА, так і те, що основним класом даних, що формуються на борту, є зображення різної насиченості. Тому пропонується розглядати блоки аерофотознімки по ступеню семантичної насиченості, які будуть залежати від ступеня неоднорідності структур, а саме: "слабонасичені", "середньонасичені", "сильнонасичені" [4].

Для оцінки семантичної насиченості аерофотознімків пропонується оцінювати ступінь насиченості в блоках аерофотознімка. Для цього формується ієрархія класифікації блоків за ступенем семантичної насиченості, а саме: першу групу складають блоки з відносно однорідним вмістом структури, і є висококогерентними; другу групу складають блоки з неоднорідною структурою, є низькокогерентними. Пропонуємо, класифікувати ці блоки аерофотознімка на дві загальні групи, що представлено на рис. 1.

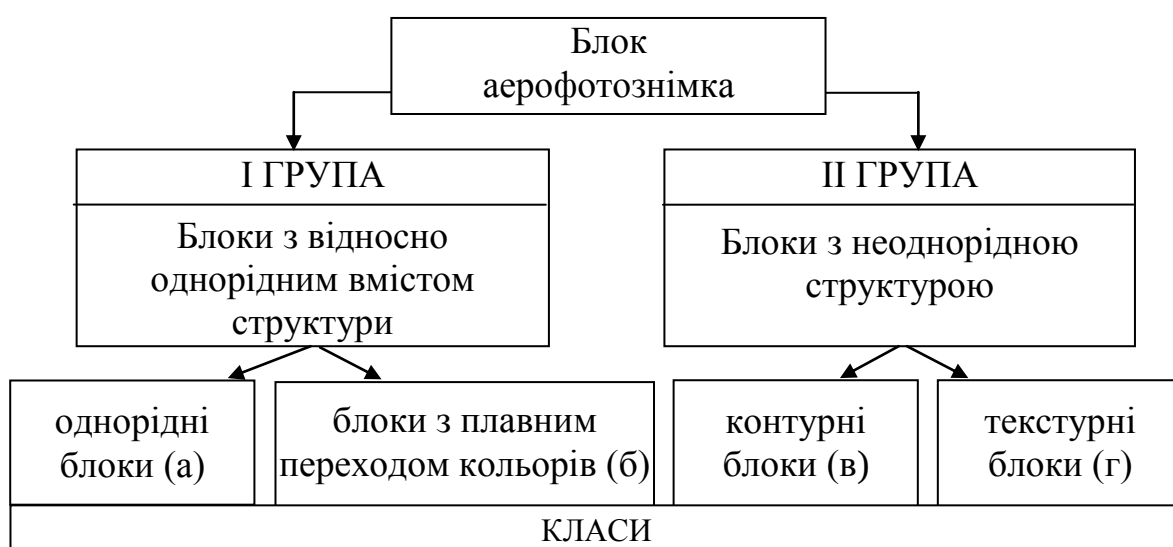


Рис. 1. Ієрархічна класифікації семантичної насиченості блоків аерофотознімка

Тут класифікуємо отримані групи блоків аерофотознімка на класи, що представлено на рис. 2. На підставі класифікації отримаємо: однорідні блоки (рис. 2 а); блоки з плавним переходом кольорів (рис. 2 б); контурні блоки (рис. 2 в); текстурні блоки (рис. 2 г).

Для підвищення ефективності класифікації фрагмента пропонується використовувати двобазисний принцип, що охоплює його просторово-часове та спектральне подання.

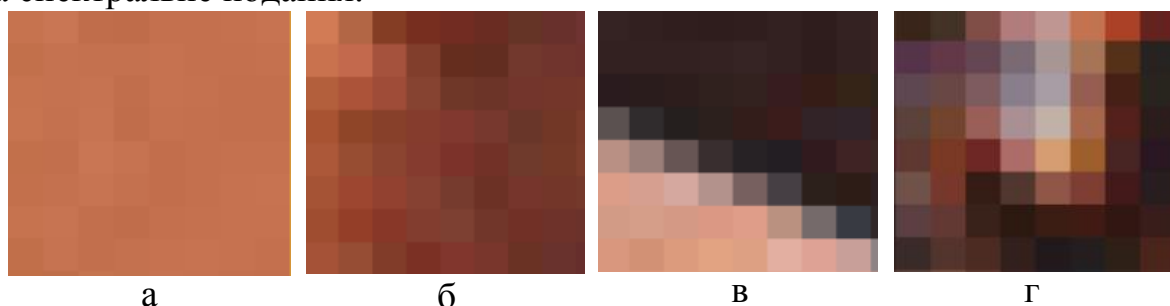


Рис. 2. Приклад блоків аерофотознімку різних класів:

клас 1 - однорідні блоки (однорідні блоки або блоки з плавним переходом кольорів), елементи зображення якого близькі або однакові за кольором (рис. 2 а, б); клас 2 - контурні блоки, які можна розділити на дві області з різким перепадом кольору між елементами зображенні (рис. 2 в); клас 3 - текстурні блоки, в яких є присутні різкі перепади кольорів елементу зображення на деякій локальній ділянці (рис. 2 г).

Відповідні показники для оцінки рівня насиченості фрагмента задаються наступними виразами:

– показник насиченості $P_{ДКП}$, який визначається за низькочастотними коефіцієнтами трансформанти, отриманої в результаті дискретного косинус-перетворення, і представлений виразом:

$$P_{ДКП} = [\log_2 (\prod_{\gamma=1}^{D_d} \prod_{\xi=1}^{N_y} (y_{\gamma,\xi}))], \quad (1)$$

де $y_{\gamma,\xi}$ - частотний коефіцієнт трансформанти на позиції з координатами (γ, ξ) відносно діагоналі D ; D_d - кількість діагоналей в ознаковій зоні частотних коефіцієнтів; N_y - кількість частотних коефіцієнтів, які відповідають діагоналям в ознаковій зоні;

– структурний показник $P_{СТР}$, визначається по складовій яскравості вихідних блоків, що представлено виразом:

$$P_{СТР} = \left[\log_2 \left(\prod_{i=1}^n (p_{k,max} - p_{k,min}) \right) \right], \quad (2)$$

де $p_{k,max}$, $p_{k,min}$ - відповідно максимальне та мінімальне значення яскравості елемента строки блоку.

З урахуванням оцінки рівня семантичної насиченості фрагментів, поділ їх на три класи пропонується організовувати на базі кластерного аналізу. Структурна схема організовується на основі технології К-середніх з урахуванням двобазисного принципу оцінки рівня насиченості, що показано на рис. 3.

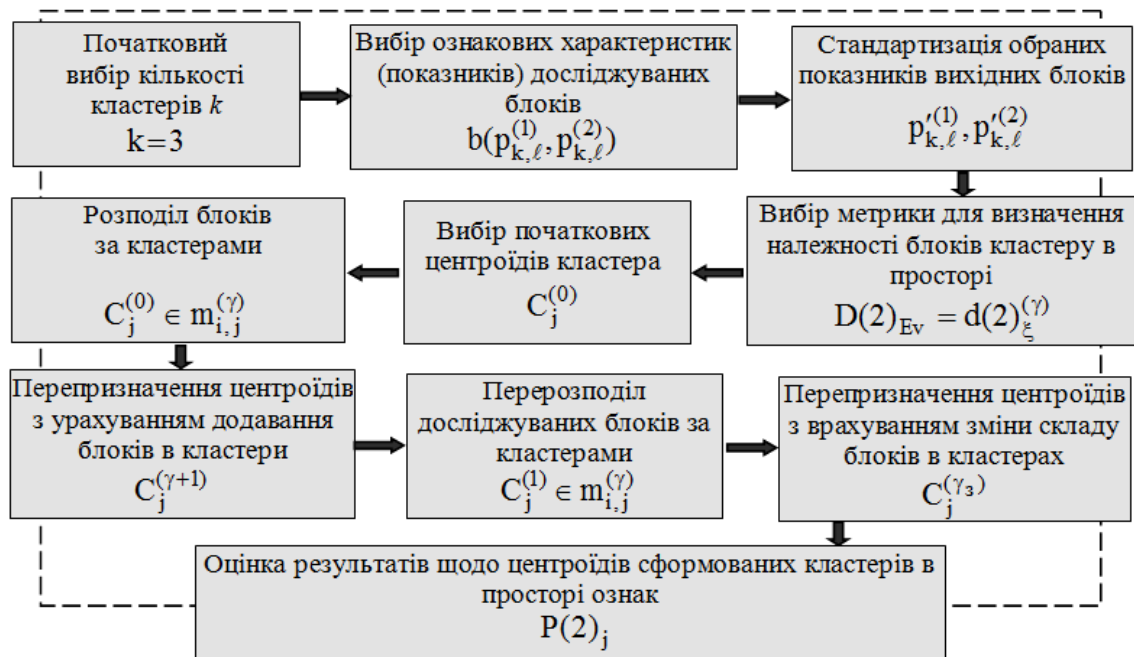


Рис. 3. Структурна блок-схема методу кластеризації блоків аерофотознімка, на основі алгоритму К-середніх

Вибір алгоритму К-середніх пов'язаний з тим, що, по-перше, цей алгоритм кластеризації простий в реалізації та має велику швидкість обробки вихідних даних (у нашому випадку, множина блоків аерофотознімка), по-друге, процес кластеризації блоків аерофотознімка може відбуватися не за однією характеристикою блоку, а за рахунок декількох ознакових характеристик (в нашому випадку показник насиченості та структурний показник блоку) [4, 5].

Тут проводиться кластеризація блоків аерофотознімка в єдиному ознаковому просторі.

В результаті процесу кластеризації блоків аерофотознімка, в ознаковому структурному просторі, сформовані кластери з розподіленими блоками за ступенем насиченості, а саме: слабонасичені, середньонасичені і сильнонасичені. Приклад кластеризації блоків аерофотознімка на три класи за ступенем семантичної насиченості на основі розробленого методу наведено на рис. 4.

Завдяки такій технології, ми зможемо отримати розподіл блоків аерофотознімків за кластерами, а також порівняти результати кластеризації блоків аерофотознімків, які отримані автоматичним способом (без участі оператора) з результатами, отриманими дешифрувальником, як експерта, ґрунтуючись на візуальному аналізі.

Таким чином, розроблений метод оцінки рівня семантичної насиченості фрагментів аерофотознімка, який дозволяє розподілити блоки за ступенем семантичної насиченості на кластери, тобто визначається приналежність блоків аерофотознімка на основі ознакових характеристик.



Рис. 4. Результати кластеризації блоків аерофотознімка "Аеропорт"

Поділ блоків аерофотознімків на класи семантичної насиченості дозволяє адаптувати процес скорочення надмірності відносно вимог по збереженню інформації про ключові ознаки дешифрування. Відповідно для додаткового виявлення структурних закономірностей пропонується використовувати компонентне ядро JPEG-платформи. Даний підхід заснований на виявленні послідовності $\hat{R}_{v_{\text{вкр}}}$ двохкомпонентних векторів $\Xi_{\chi}^{(2)} = \{q_{\chi}, b_{\chi}\}$, які базуються для лінеаризованої трансформанти ДКП відповідно як q_{χ} - довжина ланцюжка нульових компонент та b_{χ} - величини значимої компоненти [6, 8]. З особливостей, варто відзначити, що тут не враховується перший вектор, що відповідає значимій компоненті (низькочастотна компонента несе найбільшу інформацію про блок аерофотознімка) і останній вектор нульових компонент, тому що, як правило, відсутня наступна за нею значима компонента. Це представлено виразом: $\hat{R}_{v_{\text{вкр}}-2} = \{(q_2; b_2), \dots, (q_{\chi}; b_{\chi}), \dots, (q_{v_{\text{вкр}}-1}; b_{v_{\text{вкр}}-1})\}$. Після чого обробка сформованої послідовності $\hat{R}_{v_{\text{вкр}}}$ векторів здійснюється за двоєрархічним принципом з урахуванням виявлення структурних характеристик, як показано на рис. 5.

Тут на *першому рівні* для послідовності $\hat{R}_{v_{\text{вкр}}}$ двоелементних векторів $\Xi_{\chi}^{(2)}$ виявляються структурні закономірності, а саме враховується, що: по-перше компоненти вектора q_{χ} та b_{χ} мають різні значення, що представлено виразом:

$$q_{\chi} \neq b_{\chi}, \quad \chi = \overline{2, v_{\text{вкр}} - 1}, \quad (3)$$

а, по-друге незалежно один від одного приймають значення в межах динамічних діапазонів, згідно співвідношенню:

$$\{1 \leq q_{\chi} \leq \beta(q); 1 \leq b_{\chi} \leq \beta(b)\}. \quad (4)$$

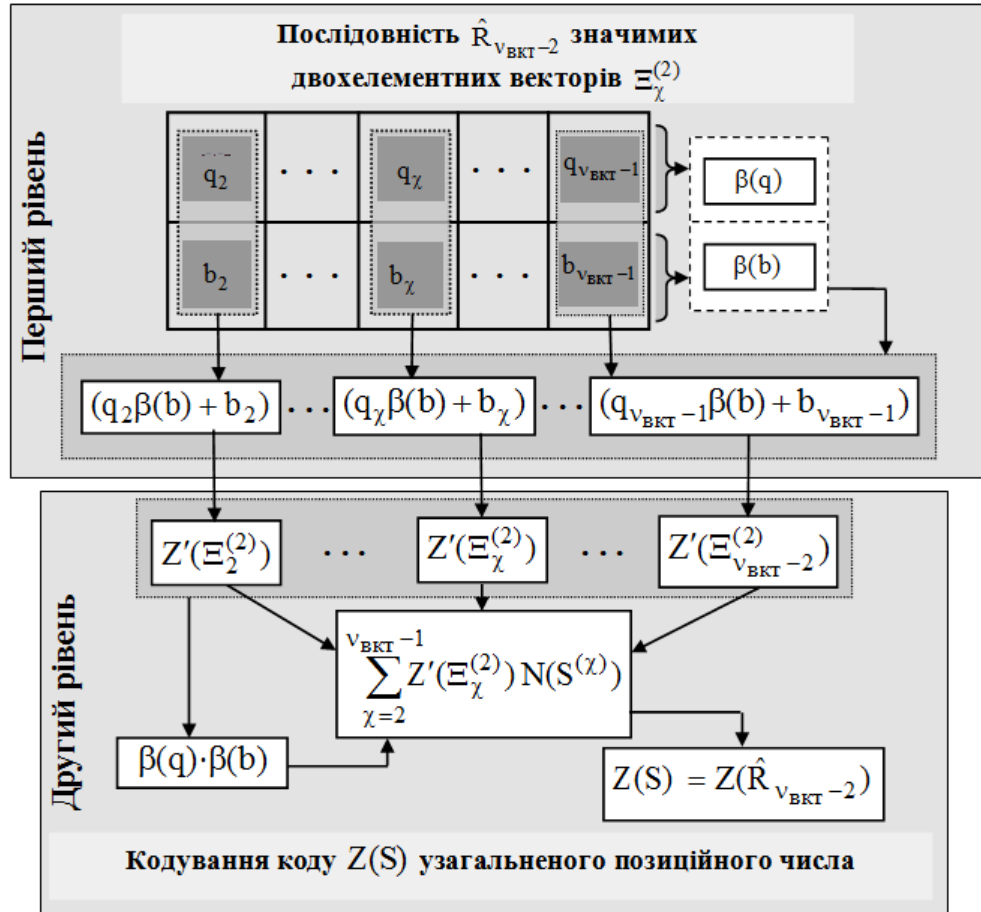


Рис. 5. Блок-схема поетапного двоієрархічного кодування послідовності значимих двоелементних векторів

Тоді з урахуванням таких властивостей, динамічний діапазон $\beta(q)$ для першої компоненти q_χ вектора $\Xi_\chi^{(2)}$ буде дорівнювати:

$$\beta(q) = \max_{2 \leq \chi \leq v_{\text{BKT}}-1} \{q_\chi\} + 1, \text{ т.к. } q_\chi \in [0; \max \{q_\chi\}], \quad (5)$$

для другої компоненти b_χ вектора $\Xi_\chi^{(2)}$ динамічний діапазон $\beta(b)$ буде визначатися як:

$$\beta(b) = \max_{2 \leq \chi \leq v_{\text{BKT}}-1} \{b_\chi\}, \text{ т.к. } b_\chi \in [0; \max \{b_\chi\}]. \quad (6)$$

Звідси двоелементний вектор $\Xi_\chi^{(2)}$, для компонент якого виконуються умови (5) і (6), називається двоелементним позиційним числом з нерівними сусідніми елементами.

В цьому випадку кодування таких векторів на першому рівні ієрархії представлено наступними виразами:

– значення коду $Z'(\Xi_\chi^{(2)})$ для двоелементного позиційного числа $\Xi_\chi^{(2)}$ визначається:

$$Z'(\Xi_\chi^{(2)}) = \eta(q_\chi)V(q_\chi) + \eta(b_\chi)V(b_\chi). \quad (7)$$

При цьому значення вагових коефіцієнтів $V(q_\chi)$ та $V(b_\chi)$ незалежно один від одного визначається такими виразами: $V(q_\chi) = \beta(b)$.

З огляду на те, що компонента b_χ є останньою в двохелементному векторі $\Xi_\chi^{(2)}$ компонент (відсутня наступна компонента), то ваговий коефіцієнт $V(b_\chi)$ визначається: $V(b_\chi) = 1$.

– допоміжна величина η задається співвідношеннями:

$$\eta(q_\chi) = \begin{cases} q_\chi, & \rightarrow q_\chi < q_0; \\ q_\chi - 1, & \rightarrow q_\chi > q_0. \end{cases} \quad \eta(b_\chi) = \begin{cases} b_\chi, & \rightarrow b_\chi < q_\chi; \\ b_\chi - 1, & \rightarrow b_\chi > q_\chi. \end{cases} \quad (8)$$

Це дозволяє виключити послідовності, що містять рівні сусідні компоненти, тим самим досягається скорочення структурної надлишковості без внесення спотворень.

На *другому рівні* ієрархії будується кодове подання для всієї послідовності векторів. Враховуючи на те, що отримані на першому рівні ієрархії кодові значення мають обмеження, задані нерівністю:

$$Z'(\Xi_\chi^{(2)}) < \beta(q) \cdot \beta(b) \text{ для } \chi = \overline{2, v_{\text{ВКТ}} - 1}, \quad (9)$$

то утворені ними послідовності, називаються узагальненими позиційними числами, що представлено співвідношенням:

$$S = \{ Z'(\Xi_2^{(2)}) ; \dots ; Z'(\Xi_\chi^{(2)}) ; \dots ; Z'(\Xi_{v_{\text{ВКТ}}-1}^{(2)}) \}. \quad (10)$$

Тоді кодові значення для всієї послідовності формуються на основі виразів:

$$Z(S) = Z(\hat{R}_{v_{\text{ВКТ}}-2}) = \sum_{\chi=2}^{v_{\text{ВКТ}}-1} Z'(\Xi_\chi^{(2)}) N(S^{(\chi)}), \quad (11)$$

$$N(S^{(\chi)}) = (\beta(q) \cdot \beta(b))^{v_{\text{ВКТ}} - \chi}. \quad (12)$$

Тут $Z(S)$ - кодове представлення узагальненого позиційного числа; $N(S^{(\chi)})$ - виступає як ваговий коефіцієнт χ -го елемента узагальненого позиційного числа в базисі структурних обмежень трансформанти.

Тому значення коду $Z(S)$ узагальненого позиційного числа в базисі структурних обмежень трансформанти є кодовим представленням послідовності $Z(\hat{R}_{v_{\text{ВКТ}}-2})$, тобто $Z(S) = Z(\hat{R}_{v_{\text{ВКТ}}-2})$.

В такому випадку, формується кодограма для узагальненого кодового представлення трансформанти, що показано на рис. 6.

Тут структура кодової конструкції буде складатися з двох частин, включаючи службову і інформаційну частини. Службова частина кодової конструкції містить обмеження компонент векторів $\beta(q)$ та $\beta(b)$. Інформаційна частина кодограми включає в себе кодове представлення значення коду $Z(\hat{R}_{v_{\text{ВКТ}}-2})$ послідовності значимих двохелементних векторів.



Рис.6. Структура кодограми для узагальненого позиційного числа

Такий підхід забезпечує додаткове скорочення структурної надлишковості блоків аерофотознімка в незалежності від ступеня їх семантичної насиченості.

Узагальнена схема процесу відновлення блоків аерофотознімка організується в умовах наявності змінної кількості кодограм $W(\hat{R}_{v_{\text{BKT}}-2})_{\omega}$, що несуть інформацію про кодове значення $Z(S)_{\ell_{\omega}}$ узагальненого позиційного числа. Ключовими етапами цього процесу є визначення кількості $Z(S)_{\ell_{\omega}}$ таких кодових слів. Тут потрібно враховувати те, що кодограми формуються за змішаним принципом, включаючи послідовність рівномірних кодових слів і кодограму $B(\hat{R}_{v_{\text{BKT}}-2})_{\Omega}$ нерівномірної довжини. Знаючи цю інформацію, і використовуючи технологію нерівномірного розподілу кількості векторів за кодограмами, забезпечується їх безпосереднє відновлення.

Після чого здійснюється вилучення кодових слів $W(\hat{R}_{v_{\text{BKT}}-2})_{\omega}$ узагальнених позиційних чисел, і декодування відповідних кодових значень $Z(S)_{\ell_{\omega}}$. Декодування проводиться за двоєрархічною схемою, спочатку в результаті узагальненого позиційного декодування відновлюються кодові значення $Z'(\Xi_{\chi}^{(2)})$ двоелементних векторів як позиційних чисел з нерівними сусідніми елементами [7-11]. Наступним кроком відбувається реконструкція самих компонент $\{q_{\chi}, b_{\chi}\}$ векторів. Після чого в результаті декомпозиції збирається двовимірний опис трансформанти. Заключним етапом процесу відновлення аерофотознімків полягає в зворотному трансформуванні та відтворенні блоків для вихідної колірної моделі уявлення.

Таким чином, розроблено метод відновлення блоків аерофотознімка на основі декодування послідовності значимих двоелементних векторів. Включає в себе такі відмінні етапи: відновлення кодової конструкції закодованого представлення блоку аерофотознімка; декодування за двоєрархічною схемою кодових значень складових послідовності значимих двоелементних векторів; відновлення значимих двоелементних векторів на основі декодування двоелементних позиційних чисел.

Оцінка ефективності розробленого методу проводиться з урахуванням побудови залежностей показника зменшення інтенсивності від ступеня насиченості аерофотознімка блоками трьох класів семантичного навантаження, що показано на рис. 7.

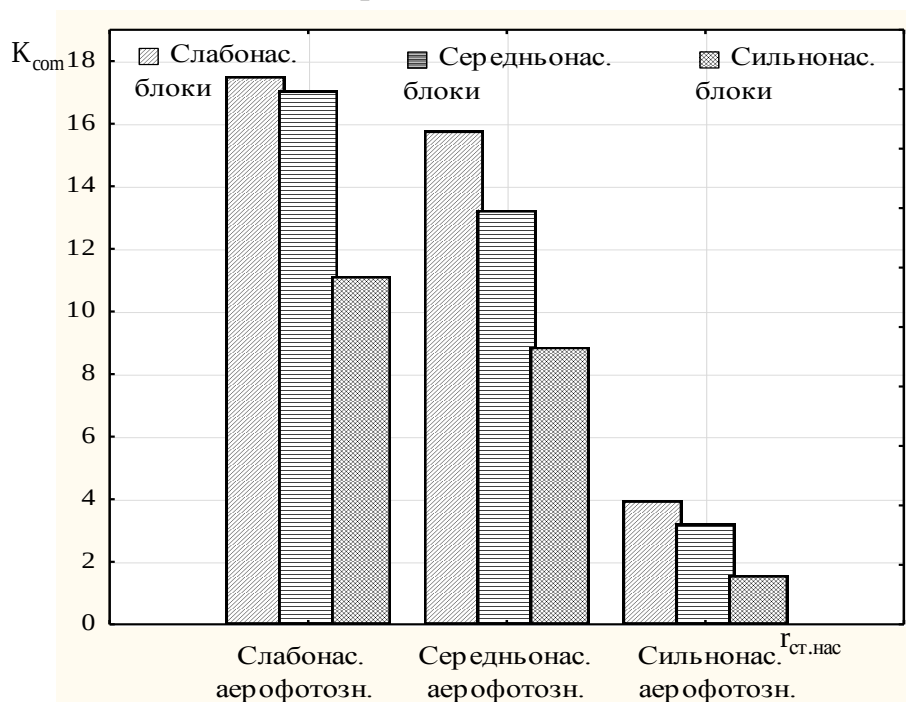


Рис.7. Залежність коефіцієнта зменшення вихідного об'єму для різних класів аерофотознімків

З аналізу рис. 7 можна зробити наступні висновки:

– в залежності від ступеня насиченості аерофотознімка блоками трьох класів коефіцієнт зменшення вихідного об'єму досягається для слабонасичених блоків 17,51 раз, тоді як найменший коефіцієнт зменшення початкового об'єму досягається для сильнонасичених блоків, який змінюється від 1,56 до 3,95 разів. В даному типі блоків використовуються невеликі значення ступеня зменшення початкового об'єму. Внаслідок чого буде збережена інформації про ключові ознаки дешифрування.

Зменшений час доставки аерофотознімків, що оброблені методом кодування, який у порівнянні з відомими методами на базі JPEG-платформи забезпечує вииграш за часом доставки аерофотознімків та складає: для швидкості 256 Кбіт/с від 8 до 19%; для швидкості 512 Кбіт/с від 13 до 27%, для швидкості 16 Мбіт/с від 15 до 30%, внаслідок чого забезпечується підвищення оперативності доставки інформації з використанням бортових комплексів повітряної розвідки

Оцінка якості збереження інформації про ключові ознаки дешифрування в аерофотознімках, які оброблені розробленим методом проведена на основі наступних показників: 1) в якості оцінки складової яскравості пропонується використовувати оцінку допустимого рівня збереження ключових ознак дешифрування з використанням показника $h_{\text{доп}}$ (ПОСШ); 2) для оцінки збереження контурній інформації (на основі методу

виявлення та локалізації контурів Собела) використовувати показники збереження контурної інформації - помилки першого ε та другого μ роду.

Результати оцінок якості збереження інформації про ключові ознаки дешифрування з урахуванням виявлення контурної інформації в блоках аерофотознімків, що оброблені створеним методом кодування по показникам допустимого $h_{\text{доп}}$ рівня збереження ключових ознак дешифрування та помилок першого ε та другого μ роду дозволяють зробити наступні висновки: - виграш по значенню помилки першого ε роду в середньому збільшується на 0,029 - 0,042 (27,1 - 39,1%); значення помилки другого роду в середньому збільшується на 0,112 - 0,231 (21,21 - 34,04%); виграш щодо показника допустимого $h_{\text{доп}}$ рівня збереження ключових ознак становить від 23% до 41,5%, що і підтверджується візуальною оцінкою порівняння результатів роботи методу, що представлено на рис. 8.

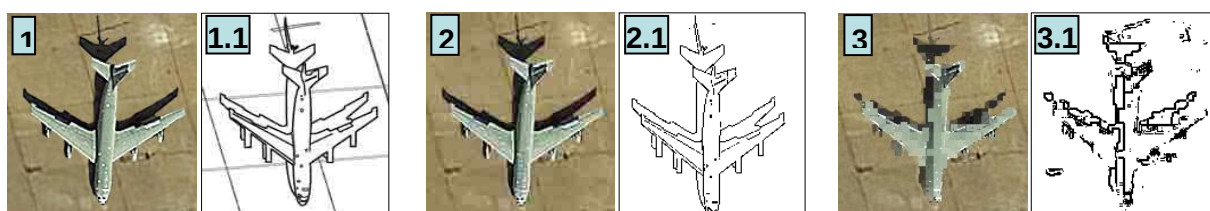


Рис. 8. 1) вихідний блок; 1.1) обробка оператором Собела; 2) оброблений блок створеним методом; 2.1) обробка оператором Собела; 3) оброблений блок методом JPEG; 3.1) обробка оператором Собела

При цьому відновлені блоки зберігають високу якість контурної інформації, що необхідно для ефективного дешифрування аерофотознімків. Таким чином, для запропонованого методу кодування, досягається зниження інформаційної інтенсивності і забезпечується підвищення оперативності доставки інформації в умовах заданої якості дешифрування аерофотознімків.

Висновки

У роботі вирішена актуальна науково-прикладна задача, а саме підвищення оперативності доставки інформації при заданій якості дешифрування аерофотознімків з використанням безпілотних літальних апаратів аеромоніторингу. Створено методи кодування і відновлення трансформованих зображень, на основі обробки послідовності двоелементних векторів. Розроблено технологію кодування послідовності значимих двоелементних векторів структурних характеристик трансформанти.

Отримано такі основні наукові результати.

1. Удосконалений метод кластеризації фрагментів аерофотознімка на основі методу К-середніх, у якому на відміну від відомого, одночасно застосовується двобазисний принцип оцінки рівня насиченості блоків аерофотознімка як в часовій, так і в спектрально-просторовій областях. Це

дозволить відібрати блоки аерофотознімка, які мають найбільшу дешифрувальну насиченість;

2. Вперше розроблено метод кодування трансформованих зображень на основі усунення структурної надмірності, у якому на відміну від відомого, лінеаризована трансформанта представляється у двоєрархічному вигляді з подальшою побудовою узагальнених позиційних чисел. Це дозволить додатково усунути надмірність аерофотознімка зі збереженням інформації про ключові дешифрувальні ознаки з використанням безпілотних літальних апаратів аеромоніторингу.

3. Вперше розроблено метод обробки блоків аерофотознімка на основі реконструкції двоелементних структурних векторів лінеаризованої трансформанти, у якому на відміну від відомого, узагальнене позиційне кодування проводиться для позиційних чисел з нерівними сусідніми елементами з врахуванням ступеня насиченості блоків аерофотознімка дешифрувальними ознаками. Це дозволить зберегти необхідний рівень інформації про дешифрувальні ознаки в аерофотознімку з використанням безпілотних літальних апаратів аеромоніторингу.

4. Вперше створено інформаційну технологію обробки аерофотознімків на основі структурної обробки кластеризованих блоків, відмінною рисою якої є: 1) створення диференційованого принципу обробки блоків аерофотознімка в залежності від їх насиченості дешифрувальними ознаками; 2) трансформанти обробляються на основі структурного кодування за двоєрархічним підходом, а саме, на першому рівні формуються позиційні числа з нерівними сусідніми елементами, на другому рівні кодування здійснюється для узагальнених позиційних чисел. Це дозволить підвищити оперативність доставки аерофотознімків зі збереженням інформації про ключові ознаки дешифрування з використанням безпілотних літальних апаратів аеромоніторингу.

Література

1. Мосов С. Беспилотная разведывательная авиация стран мира: история создания, опыт боевого применения, современное состояние, перспективы развития [Текст]: монография / С. Мосов. – К.: Изд. дом. «Румб», 2008. – 160 с.

2. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.: Техносфера, 2005. – 1073 с.

3. Сэломон Д. Сжатие данных, изображений и звука / Д. Сэломон. – М: Техносфера, 2004. – 368 с.

4. Бараннік В.В. Метод кластеризації фрагментів аерофотознімків у спектрально-частотному просторі // В.В. Бараннік, О.П. Мусієнко, К.С. Ялівець // Наукоємні технології, 2016. – Т. 29 (1). – С. 23 – 30.

5. Баранник В.В. Кластеризация блоков аэрофотоснимка в двухпризнаковом структурном пространстве на основе метода К-средних в системе обработки информации / В.В. Баранник, А.П. Мусиенко, А.А. Красноруцкий // Радиоэлектроника и информатика, 2016. – № 2. – С. 15 – 19.

6. Бараннік В.В. Технологія кодування блоків аерофотознімку з врахуванням семантично важливої інформації для бортових комплексів повітряного моніторингу //

В.В. Бараннік, О.П. Мусієнко, А.А. Леках // Наукоємні технології, 2016. – Т. 31 (3). – С. 274 – 278.

7. Мусиенко А.П. Технология декодирования блоков аэрофотоснимка на основе восстановления компонент трансформант / А.П. Мусиенко // Информационно-управляющие системы на ЖД транспорте, 2016. – №5. – С. 58 – 62.

8. Barannik V.V. Methodological Base For Transformants Representation In Nonequilibrium Positional Uneven-Diagonal Space / V.V. Barannik, A.A. Krasnorutskyi, A.P. Musienko // Science-Based Technologies, 2015. – № 3 (27). – pp. 233 – 238.

9. Barannik V. The Evaluation Method Of Coding Efficiency Of Basic Frames Of The Video Stream In Infocommunication / V.V. Barannik, A.P. Musienko// IEEE Second International Scientific-Practical Conference ["IEEE Problems of Infocommunications. Science and Technology, PICS&T'2015"], (Kharkiv, Ukraine, October 13-15, 2015) / Kharkiv, 2015. – pp. 223 – 225.

10. Barannik V. Methodological base for representation transformants in equilibrium uneven-diagonal / V.V. Barannik, Sergii Shulgin, A.P. Musienko // 2015 1st International Conference ["Advanced Information and Communication Technologies-2015 (AICT'2015)"], (Lviv, Ukraine, October 29 – November 1, 2015) / Lviv, 2015. – pp. 138 – 140.

11. Musienko A. Technology of coding of digital aerial photographs taking into account classes of a semantic saturation of blocks in system of air monitoring / A. Musienko, J. Ganjaric // VII Inter University Conference of Students, PhD Students and Young Scientists ["Engineer of XXI Century"], 08 December 2016 at the University of Bielsko-Biala (ATH) / Bielsko-Biala, Poland, 2016. – P. 215 – 220.