

УДК 621.39

МЕТОД КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ФРАГМЕНТІВ АЕРОФОТОЗНІМКІВ У СПЕКТРАЛЬНО-ЧАСТОТНОМУ ПРОСТОРИ

***В. В. Бараннік**, д-р техн. наук. проф., **О. П. Мусієнко**, ад'юнкт

*Харківський університет Повітряних Сил

К. С. Ялівець, інженер відділу АСУ центру інформаційних систем
в/ч А-2166

barannik_v_v@mail.ru

Розглянуто питання, пов'язані з бортовою обробкою аерофотознімків, отриманих у процесі аеромоніторингу. Показано, що аерофотознімки вирізняються різною семантичною насиченістю, тому особливу увагу під час оброблення аерофотознімків необхідно приділити вибору семантичної насиченості, тобто найбільш значущої інформації про контури та границі об'єктів місцевості. Обґрунтовано вибір технології обробки аерофотознімків, за якої вдасться вилучити зі знімків найбільш ключову інформацію. Запропоновано створення класифікації семантичної насиченості блоків зображення на основі дискретного косинус-перетворення, а також необхідність використання методів кластерного аналізу для кластеризації фрагментів аерофотознімків у спектрально-частотному просторі.

Ключові слова: аерофотознімки, семантика, контур, текстура, однорідність, блок, кластер, сегмент.

In article the questions connected with onboard processing of aerial photographs which are received during the process of aero monitoring are considered. It is shown that aerial photographs are characterized by a different semantic saturation. Therefore during the processing of aerial photographs special attention needs to be paid to the choice of a semantic saturation and the most significant information about contours, borders of objects of the area. The choice of technology of processing of aerial photographs which can take the most key information from pictures is proved. Creation of classification of a semantic saturation of blocks of the image on the basis of dct-transformation, and also need of use of methods of the cluster analysis for a clustering of fragments of aerial photographs in spectral and frequency space is offered.

Keywords: aerial photographs, semantics, contour, texture, uniformity, block, cluster, segment.

Вступ

Останнім часом у військовій діяльності широкого поширення набули аерофотознімки з високою роздільною здатністю, що реєструються в процесі польоту безпілотної літальної апаратури (БПЛА). БПЛА, як правило, оснащується апаратурою корисного навантаження, базовий комплект якої містить оптико-електронну систему з фото-, телевізійною та інфрачервоною апаратурою [1]. Це дозволяє забезпечити видове розвідування даними про різноманітні об'єкти противника в різні часи доби в умовах бойової обстановки. Отримані аерофотознімки передаються по каналах передавання даних з борту БПЛА на наземний комплекс.

У подальшому отримані аерофотознімки обробляються і дешифруються оператором-дешифрувальником з метою виявлення об'єктів, а також визначення характеристик розпізнаних об'єктів [2, 3]. Важливе те, що сам процес дешифрування має проходити в реальному часі. Однак збільшення значної кількості отриманої

інформації, а також обмежені характеристики бортових каналів передавання даних не дозволяють повною мірою здійснювати доставляння інформації в реальному часі. Отже, не своєчасне доставляння інформації в процесі видового розвідування призводить до її старіння, як наслідок невірної і помилкового дешифрування аерофотознімків та отримання недостовірної інформації [4]. Тому необхідність забезпечення своєчасного доставляння інформації з заданою якістю, з використанням БПЛА є актуальним завданням.

Отже, виникає необхідність попереднього оброблення аерофотознімків на борту БПЛА з урахуванням виділення на знімку семантично важливої інформації. Надалі інформація про об'єкти передається зі збереженням найбільшої інформативності, не потребуючи високої пропускнуєї спроможності бортових каналів зв'язку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз публікацій з оброблення та кодування зображень [5] показав, що найбільш семантично

значущою є інформація про контури, границі об'єктів. Концепція існуючих технологій компресії заснована на сегментації зображень (8×8, 16×16 і т. д.) з наперед заданими розмірами [5, 6]. При цьому не враховується семантична складова оброблених областей зображень. Це дозволяє знизити час оброблення на етапі кодування, але при цьому вносяться спотворення в вихідну семантичну структуру.

Узагальнений аналіз методів оброблення зображень (JPEG, JPEG2000) виявив такі проблемні недоліки:

- рівномірний облік елементів зображення не враховує семантичне навантаження фрагментів аерофотознімку;

- зниження роздільної здатності зображення порушує досягнення необхідного рівня детальності об'єктів аеромоніторинга, що призводить до втрати інформації на всьому знімку.

Таким чином, необхідно використовувати такий спосіб оброблення зображень, у якому закладена технологія оброблення аерофотознімків для виділення ключових дешифрувальних ознак. В основу такого підходу пропонується застосувати «технологію бортовий обробки», тобто у виділенні значущої інформації на аерофотознімку на борту БПЛА. Тому, **метою** — є розробка методу кластеризації фрагментів аерофотознімків у спектрально-частотному просторі для визначення їх семантичної насиченості з подальшою сегментацією характерних ділянок зображення.

Основна частина

Висококонтрастні ділянки зображення, перепади яскравості, великі ділянки зображення, лінійні розміри об'єктів складають найбільш інформативну частину аерофотознімків. Тому при обробці таких ділянок зображення необхідно враховувати безліч деталей: масштаб знімка, фотографічну якість, кількість об'єктів і т. д.

Однак, особливу увагу необхідно приділити вибору семантичної насиченості в розглянутих аерофотознімках.

Під семантичної насиченістю аерофотознімку розуміємо найбільш значущу інформацію про контури, границі об'єктів місцевості.

Одним із завдань обробки зображень є їх класифікація. Серед різних видів класифікацій за ступенем значущості, виділяється завдання семантичної насиченості, яка дозволяє отримати змістовну інформацію про значущість зображення. Тому пропонується застосувати такий підхід, який забезпечив би підвищення ефективності опису важливих об'єктів дешифрування аерофо-

тознімків зі збереженням ключової інформації про об'єкт за заданою роздільною здатністю.

Якісні та кількісні (масштаб зображення, розмір зображення, кількість об'єктів на знімку, дійсний розмір об'єкта, відстань між об'єктами) ознаки зображення представлені в просторі високою розмірністю і мають значні відмінності за рівнем інформативності. При цьому людські зорові можливості не завжди повною мірою оцінюють якість зображення. Тому пропонується створити класифікацію семантичної насиченості блоків зображення на основі ортогональних перетворень, на базі дискретного косинус-перетворення (ДКП) [2]. Дана технологія є однією з найчастіше використовуваної при обробці блоків зображень. Тут, як правило, використовуються блоки стандартних розмірів $N \times N$, тому зображення обробляється по блоках. Блокові перетворення мають низькі вимоги до обсягу пам'яті і добре підходять для обробки залишкових зображень, отриманих на основі блокової компенсації руху. Завдяки застосуванню ортогональних перетворень на базі ДКП формується трансформанта компонент. Далі отримані компоненти розглядаються як вагові коефіцієнти, за якими необхідно розрахувати базисні зображення, для отримання вихідного зображення.

Зображення, отримане в результаті аерофотозйомки, складається з текстурної та інформаційної частин. Саме текстурну частину зображення необхідно представити в спектральному просторі на основі ДКП. Такий підхід дозволить перерозподілити інформаційну щільність, тим самим виділити найбільш значущу ділянку зображення.

Створення класифікації семантичної насиченості блоків зображення на основі дискретного косинус-перетворення.

Для створення технологій оброблення даних на борту БПЛА необхідно враховувати, особливості функціонування бортового комплексу, і те, що головним класом даних, які формуються на борту БПЛА засобів аеромоніторинга, є зображення різної насиченості. Пропонується розглядати блоки зображення за ступенем семантичної насиченості:

а) «слабонасичені»; б) «середньонасичені»; в) «сильнонасичені».

Класифікування даних блоків зображення на дві загальних групи показано на рис. 1.

I група — блоки з відносно однорідним умістом структури, які є висококогерентними;

II група — блоки з неоднорідною структурою, які є низькокогерентними.

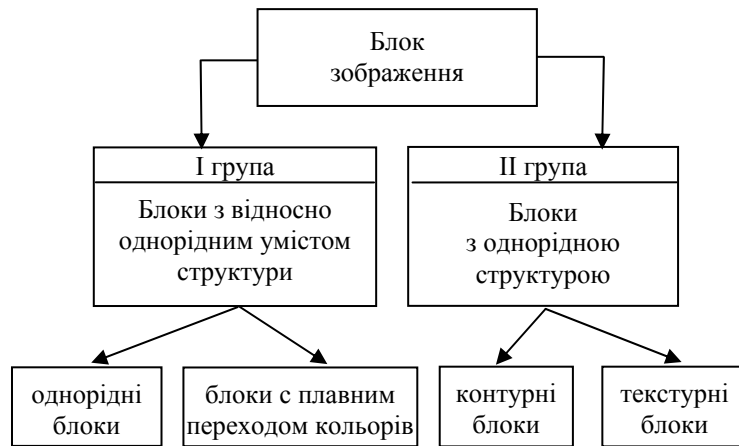


Рис. 1. Структура класифікації блоків

Класифікуємо отримані групи блоків зображення на класи. На підставі класифікації отримаємо:

- I — 1. Однорідні блоки (рис. 2, а).
- I — 2. Блоки з плавним переходом кольорів (рис. 2, б).
- II — 1. Контурні блоки (рис. 2, в).
- II — 2. Текстурні блоки (рис. 2, г).

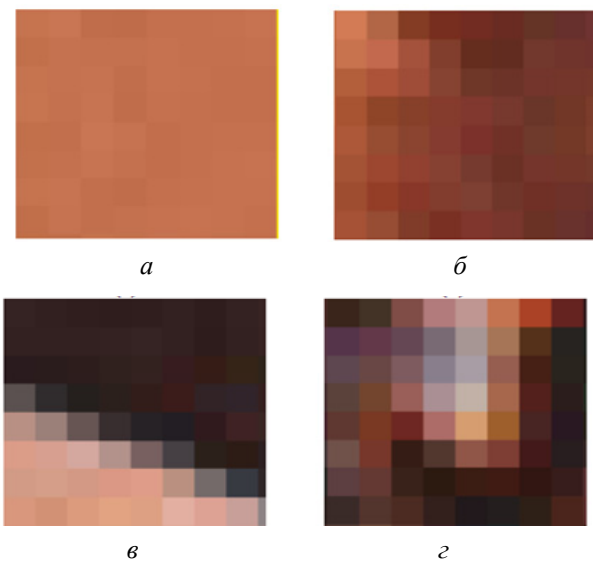


Рис. 2. Приклад блоків зображень різних класів

Далі, під час проведення експериментів з виділення блоків аерофотознімків, пропонується використовувати три класи блоків зображення:

Клас 1. Однорідні блоки (об'єднання однорідних блоків і блоків з плавним переходом кольорів), елементи зображення якого близькі або однакові за кольором.

Клас 2. Контурні блоки, які можна поділити на дві ділянки з різким перепадом кольору між елементами зображення.

Клас 3. Текстурні блоки, у яких присутні різкі перепади кольорів елемента зображення на деякій локальній ділянці.

Для обробки блоків зображення представлених на рис. 2, застосуємо ДКП. Застосування ДКП здійснюється для кожного блоку, розміром 8×8 пікселів (одиниці даних). Завдяки цьому досягається перехід від просторового представлення зображення S до його частотного представлення F .

У результаті формування трансформанти, основна інформація про зображення концентрується в лівому верхньому кутку. Тут найбільш значущі коефіцієнти, відповідають низькій частоті (групується в низькочастотній ділянці) і маркуються за специфікаціями як DC-компоненти. Всі інші компоненти — це високочастотні компоненти. Вони маркуються як AC-компоненти. У них міститься незначна інформація про зображення. Застосування ДКП дозволить створити умови для виявлення і усунення психовізуальної надмірності за допомогою спеціальної обробки компонент трансформанти.

На рис. 3 зображено зигзагоподібний порядок і принцип нумерації розташованих компонент трансформанти. Тут значення частотних коефіцієнтів зменшуються зліва направо, зверху — униз.

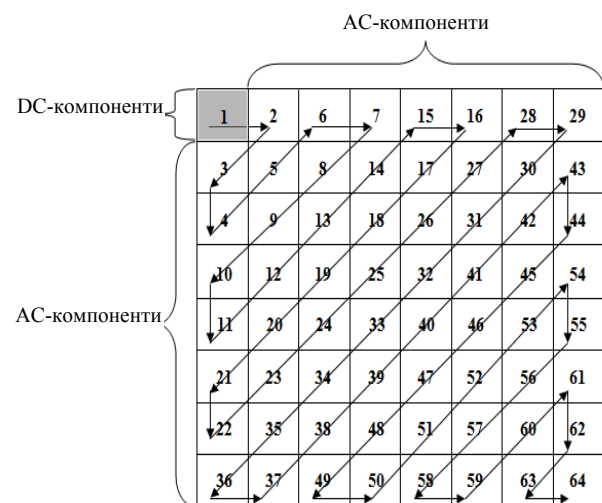


Рис. 3. Порядок розташування частотних коефіцієнтів трансформанти ДКП

У результаті перерозподілу енергії між компонентами трансформанти ДКП, отримуємо зони розташування коефіцієнтів:

I зона — усі частотні коефіцієнти (компоненти трансформанти).

II зона — низькочастотні коефіцієнти: компоненти трансформанти, що характеризують ступінь насиченості блоку зображення низькочастотними (DC) перепадами (ступінчасті зміни рівня яскравості або координати кольору).

III зона — високочастотні коефіцієнти: значення компонент у нижній правій зоні трансформанти (імпульсні зміни значень елементів зображень).

IV зона — нульові коефіцієнти. Для компонент відповідним низькочастотних складових, нульові зони розміщуються в середині і в кінці блоку зображення. Тоді як для високочастотним компонентам характерні розміщення нульових зон на початку двійкового представлення.

Поодинокі частотні коефіцієнти не перевіряються, оскільки відхилення одиночних коефіцієнтів можуть бути значними, щоб внести похибку в аналіз результатів, проте в той самий час використання зон частотних коефіцієнтів дозволить, ніби об'єднати скачки окремих коефіцієнтів. На основі розподілених частотних коефіцієнтів у трансформанті ДКП по зонах, визначимо ступінь насиченості блоку зображення. Для визначення найбільш значимих коефіцієнтів трансформанти використовуємо показник насиченості блоку — $R_{\text{ДКП}}$. Отже, аналізується значення для кожної зони коефіцієнтів за формулою:

$$R_{\text{ДКП}} = \left[\log_2 \left(\prod_{\gamma=1}^{D_d} \prod_{\xi=1}^{N_\gamma} (y_{\gamma,\xi}) \right) \right], \quad (1)$$

де $y_{\gamma,\xi}$ — частотний коефіцієнт трансформанти на позиції з координатами γ, ξ ; D_d — кількість діагоналей у зоні частотних коефіцієнтів; N_γ — кількість частотних коефіцієнтів, які розташовані на діагоналі.

Таким чином, розрахований у подальшому показник $R_{\text{ДКП}}$ досліджуваних блоків зображення дозволить зробити висновок щодо значущості інформації частотних коефіцієнтів, які розташовані в тій чи іншій зоні коефіцієнтів трансформанти ДКП.

Проведення дослідження

Для дослідження було обрано повнокольорове реалістичне зображення — аерофотознімок, отриманий у результаті аерофотозйомки з БПЛА. Аерофотознімок представлений на рис. 4, далі іменуватиметься FRANKFURT. Вибір зображення пов'язано з тим, що воно охоплює можливі фраг-

менти зображення використання розроблюваного методу. Далі на випробувальному зображенні було вибрано дев'ять характерних ділянок за розробленою класифікацією блоків зображення (див. рис. 1), з яких обиралися найбільш характерні блоки 8×8 пікселів. Опис даних блоків аерофотознімків представлено в табл. 1.

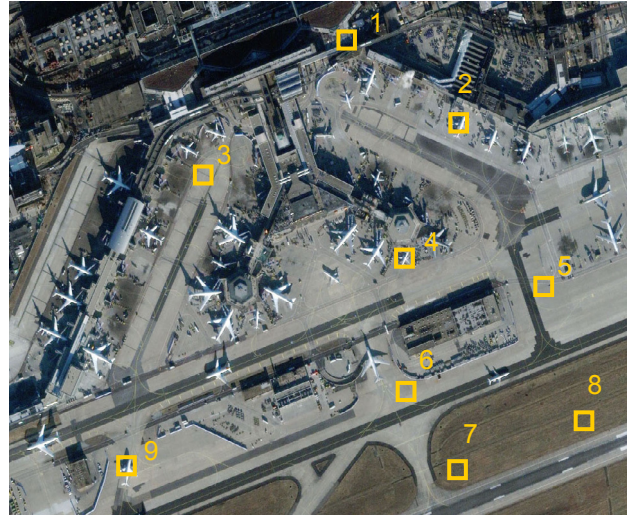


Рис. 4. Досліджуваний аерофотознімок FRANKFURT

Таблиця 1

Опис досліджуваних блоків аерофотознімків

Зображення	Номер	Характеристика
FRANKFURT	1	Текстура
	2	Контур
	3	Однорідна область
	4	Контур
	5	Однорідна зона
	6	Однорідна зона
	7	Однорідна зона
	8	Однорідна зона
	9	Контур

Для аналізу розподілу частотних коефіцієнтів блоків аерофотознімків обчислимо показник $R_{\text{ДКП}}$ для кожної зони частотних коефіцієнтів трансформанти ДКП за формулою (1). Результати розрахунку показника для досліджуваних блоків аерофотознімків представлені в табл. 2.

Аналізуючи дані табл. 2, можна зробити висновок щодо інформаційної насиченості кожному типу блоку аерофотознімку:

— для типу блоків-текстур і контурів: 1, 2, 4, 9 — значення показника $R_{\text{ДКП}}$ 279, 423, 233, 415 — відповідно, при цьому кількість нульових коефі-

цієнтів в основному менше. Це означає, що зони низькочастотних компонент характеризують блоки аерофотознімків семантичним навантаженням, тобто припустимо, що тут міститься зона ключових об'єктів зі значущою інформацією;

– для типу блоків, що містять однорідність: 3, 5, 6, 7, 8 — значення показника $R_{ДКП}$ — 117, 37, 113, 153, 53 відповідно, а кількість нульових коефіцієнтів при цьому більше.

Таблиця 2

Результати розрахунку показника $R_{ДКП}$ для досліджуваних блоків аерофотознімків

Номер блоку	Тип блоку	Зони коефіцієнтів та показник $R_{ДКП}$				
		Низькочастотні коефіцієнти				Кількість 0-коэф.
		1–64	1–8	1–16	1–32	
1	Текстура	301	279	188	116	38
2	Контур	423	115	189	277	18
3	Однорідна зона	117	59	97	117	45
4	Контур	233	108	176	217	36
5	Однорідна зона	153	67	113	143	43
6	Однорідна зона	113	57	84	101	48
7	Однорідна зона	37	32	37	37	58
8	Однорідна зона	53	44	45	53	47
9	Контур	415	117	192	275	18

Отже, зони високочастотних компонент характеризуються менш значущим семантичним навантаженням у блоці аерофотознімків, тобто блокам властива однорідність, яка не містить значущу інформацію. Тому під час обробці таких типів зон можемо використовувати максимальний ступінь зменшення початкового обсягу інформації в блоці зображенні, а це в свою чергу веде до зменшення обсягу вихідного знімка.

Таким чином, отримані показники $R_{ДКП}$ досліджуваних блоків аерофотознімків дозволяють зробити висновок, що низькочастотні складові несуть основну (значущу) інформацію. Отже, в подальших дослідженнях будемо оперувати низькочастотними компонентами, в яких імовірно знаходиться найбільша інформація по всьому блоку аерофотознімку.

Оскільки нам невідомо до яких класів семантичної насиченості належать зони зображення FRANKFURT, то застосуємо методи кластерного аналізу, використання яких у подальшому дозволить класифікувати характерні блоки аерофотознімків за ступенем семантичної насиченості.

Відповідно до отриманих результатів розрахунку показника насиченості блоку зображення для частотних компонентів трансформанти ДКП припустимо, що найбільш ефективним способом буде:

– кластеризація блоків аерофотознімків на основі використання низькочастотних компонентів трансформанти ДКП. Очевидно, що використання низькочастотних складових, дозволить виділити в блоках аерофотознімків найбільш значущу інформацію.

У межах досліджень пропонується застосувати двоетапну кластеризацію блоків аерофотознімків. На першому етапі — застосувати ієрархічний деревоподібний метод, утворюючи деревоподібну структуру з вихідних блоків аерофотознімків, на основі кластеризації низькочастотних складових трансформант.

На другому етапі даного дослідження використовувати ітеративний підхід (K-середніх), за допомогою якого спочатку виділяються первинні кластерні центроїди, а потім ці центроїди і вміст кластерів уточнюються на основі обчислення ступеня приналежності блоків аерофотознімків кластеру.

На першому етапі використовується метод ієрархічної класифікації, алгоритми якої пов'язані з побудовою дендрограми ієрархічного дерева.

Кожен тип блоку аерофотознімку на основі отриманого показника $R_{ДКП}$ береться як окремий кластер. Для вимірювання відстані між блоками аерофотознімків використовується міра подібностей — евклідова відстань.

Відстань між кластерами визначається як мінімальна відстань між усіма можливими парами значень показника $R_{ДКП}$ із цих кластерів за методом кластеризації «одиначного зв'язку» (правила ієрархічного об'єднання в кластери об'єктів, які мають між собою максимальну міру подібності).

Найважливішим результатом, отриманим внаслідок деревовидної кластеризації, є ієрархічне дерево, яке показано на рис. 5.

Приклад кластеризації характерних ділянок зображення FRANKFURT у програмному середовищі STATISTICA (розробка американської компанії StatSoft Inc.) для результатів експерименту в табл. 2 за показником $R_{ДКП}$ в зоні низькочастотних коефіцієнтів трансформант.

Виходячи з візуального представлення результатів, можна зробити припущення, що типи характерних блоків аерофотознімків утворюють три природних кластери.

Перевіримо це припущення, розбивши вихідні дані методом K-середніх на кластери, і перевіримо значущість відмінності між отриманими групами.

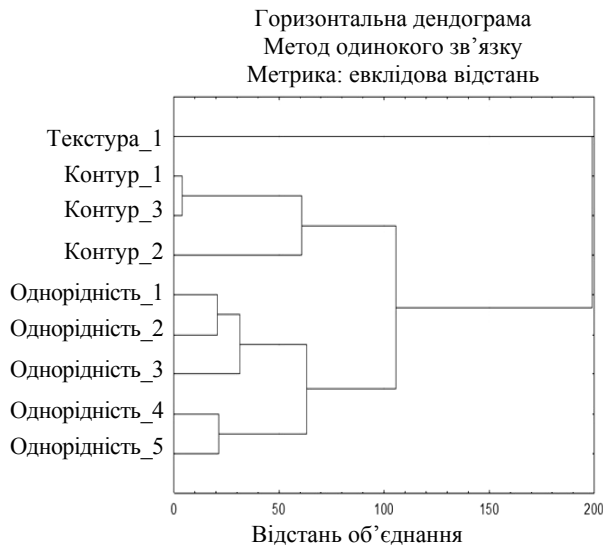


Рис. 5. Порядок об'єднання блоків аерофотознімків у кластери

1. Першим кроком методу *K*-середніх проводиться довільний розподіл отриманих значень низькочастотних коефіцієнтів трансформант за показником $R_{\text{ДКП}}$ кожного блоку аерофотознімку на кластери: M_1, M_2, M_3 .

2. На другому кроці отримуємо центроїди C_1, C_2, C_3 для кластерів M_1, M_2, M_3 . Тобто, відбувається довільний вибір значень показників $R_{\text{ДКП}}$ як вихідних центроїдів кластерів.

Потім відносимо значення показників $R_{\text{ДКП}}$ до тих кластерів, чий центр ваги до них найближче. Відбувається обчислення ступеня приналежності блоків аерофотознімків центроїду кластера за допомогою метрики. Як метрику відстані між значеннями показника $R_{\text{ДКП}}$ та центроїдом кластеру використовують евклідову відстань. При цьому кожне значення буде відповідати тільки одному кластеру, навіть якщо його можна віднести до двох і більше кластерів. При цьому мінімізуєма функція може бути записана як сума квадратів похибок

$$E = \left[\sum_{i=1}^k \sum_{b_{\theta}^{(j)} \in M_i} \|b_{\theta}^{(j)} - C_i\|^2 \right],$$

де k — число кластерів; $b_{\theta}^{(j)} \in M_i$ — j -й блок аерофотознімку з θ -м значенням показника $R_{\text{ДКП}}$, який належить до кластеру M_i ; C_i — центроїд для кластеру M_i (координати центроїду i -го кластеру); $\| \cdot \|$ — евклідова норма (відстань); $\|b_{\theta}^{(j)} - C_i\|$ — евклідова відстань між j -м блоком аерофотознімку з θ -м значенням показника $R_{\text{ДКП}}$ і центроїдом кластеру.

3. Далі проводимо переобчислення центроїду кожного з двох кластерів:

$$C'_j = \frac{1}{m_j} \sum_{b_{\theta}^{(j)} \in M_i} b_{\theta}^{(j)},$$

де C'_j — новий центроїд кластеру M_i (координати центроїду j -го кластеру); m_j — кількість показників $R_{\text{ДКП}}$ блоків аерофотознімків, які увійшли до j -го кластеру;

Внаслідок отримуємо усереднення координат за всіма точками кластеру.

4. Після зміни складу кластеру обчислюється новий центроїд. Алгоритм триває доти, поки склад кластерів не стане змінюватися. Коли розбиття на кластери проведено, можна розрахувати середнє значення показників ρ за кожним кластером, щоб оцінити, наскільки вони різняться між собою.

У табл. 3 представлені узагальнені результати кластеризації методом *K*-середніх.

Таблиця 3

Узагальнені результати кластеризації блоків аерофотознімків

Тип блоку	Узагальнені результати				
	1-10	1-21	1-36	Кластер	Відстань
Текстура_1	279	188	116	2	0,00
Контур_1	115	189	277	3	12,12
Однорідн_1	59	97	117	1	20,37
Контур_2	108	176	217	3	23,59
Однорідн_2	67	113	143	1	38,58
Однорідн_3	57	84	101	1	8,95
Однорідн_4	32	37	37	1	39,50
Однорідн_5	44	45	53	1	28,03
Контур_3	117	192	275	3	11,58

Із табл. 3 видно, що у процесі застосування методу *K*-середніх отримано три кластери, до яких увійшли блоки аерофотознімків.

Далі необхідно класифікувати характерні блоки аерофотознімків, які потрапили у дані кластери, за ступенем семантичної насиченості. Однак оскільки для кожного блоку характерно унікальний розподіл значень показників $R_{\text{ДКП}}$, то неможливо ефективно класифікувати блоки аерофотознімків за статистичними пороговими значеннями $R_{\text{ДКП}}$. Отже, для кожного блоку необхідно робити даний розподіл, і у кожному окремому випадку порогове $R_{\text{ДКП}}$ буде рівним. Тому оптимальним рішенням можна вважати вибір порогового показника $R_{\text{ДКП}}$ як величини, більше якої деякий відсоток $R_{\text{ДКП}}$ блоків аерофотознімків. Для цього введемо позначення порогу.

Порог $\Delta\rho$ визначатиме рівень інформативності кожного типу блоку аерофотознімку. З огляду на те, що обробляємо різні класи зображення, то

порог ΔP буде плаваючим. Залежно від присвоєного типу блоку до одного з порогових значень, у подальшому буде застосований і метод його оброблення.

Введемо плаваючі пороги: ΔP_1 , ΔP_2 і ΔP_3 . Далі сформуємо діапазон значень, у якій будуть входити різні класи зображення з отриманих кластерів:

- діапазон $[\Delta P_1]$ – для слабонасичених зображень;
- діапазон $[\Delta P_2]$ – для середьонасичених зображень;
- діапазон $[\Delta P_3]$ – для силььонасичених зображень.

У результаті аналізу отриманих значень низькочастотних показників $R_{\text{ДКП}}$ у блоках аерофотознімків можна встановити таке:

- для слабонасичених зображень входять блоки аерофотознімків: $[\Delta P_1] = R_{\text{ДКП}} [1-10] \leq \Delta P$;
- для середьонасичених зображень входять блоки аерофотознімків: $[\Delta P_2] = R_{\text{ДКП}} [1-21] \leq \Delta P \leq R_{\text{ДКП}} [1-36]$;
- для силььонасичених зображень входять блоки аерофотознімків: $[\Delta P_3] = R_{\text{ДКП}} [1-36] \leq \Delta P$.

Таким чином, завдяки заданим значенням плаваючих порогів можемо провести класифікацію блоків аерофотознімків за ступенем семантичної насиченості так:

- а) «слабонасичені» зображення: типи блоків — Однорідність_1, Однорідність_2, Однорідність_3, Однорідність_4, Однорідність_5;
- б) «середьонасичені» зображення: типи блоків – Текстура_1;
- в) «силььонасичені» зображення: типи блоків — Контур_1, Контур_2, Контур_3.

Обробка результатів експериментів дає змогу сформулювати діапазони значень параметрів структурної складності зображення для кожного блоку аерофотознімків.

Розроблений метод дозволяє виділити відмітні особливості, а саме:

1. Для обробки блоків аерофотознімків було запропоновано використання механізму ортогональних перетворень (технологію ДКП). Завдяки отриманим частотним коефіцієнтам трансформант ДКП був введений показник насиченості блоку $R_{\text{ДКП}}$, який характеризує блок аерофотознімку семантичною складовою (визначається значущість частотних коефіцієнтів).

2. Проведена двоетапна кластеризація блоків аерофотознімків, за допомогою якої низькочастотні коефіцієнти трансформант ДКП були об'єднанні в блоки аерофотознімків у кластери

та введений порог ΔP , який визначає рівень інформативності кожного типу блоку. Тобто були сформовані діапазони значень, у які увійшли різні класи зображень, залежно від ступеня насиченості.

2. Розроблений метод дозволяє залишити по одному фрагменту аерофотознімку від кожного кластера та залежно від класу насиченості зображення використати необхідну ступінь зменшення вихідного обсягу інформації.

3. Виділити нетипові блоки аерофотознімків, які не підходять до жодного з кластерів.

4. Класифікувати безліч блоків аерофотознімків за ступенем семантичної насиченості.

Таким чином, завдяки застосуванню методів кластерного аналізу отримана класифікація семантичної насиченості блоків зображення на основі аналізу низькочастотних складових показника ДКП блоків зображення, що дозволяє досить точно виділити блоки, які містять семантично важливу інформацію для ідентифікації ключової інформації на зображенні.

Висновки

1. Розроблений метод кластеризації фрагментів аерофотознімків у спектрально-частотному просторі, заснований на використанні ортогональних перетворень та методів кластеризації блоків аерофотознімків на основі низькочастотних коефіцієнтів ДКП.

2. Створена класифікація блоків зображень різних класів на основі аналізу груп блоків зображень.

3. Отримано розподіл частотних коефіцієнтів матриці ДКП по зонах, де визначено:

- компоненти лівої верхньої зони трансформанти характеризують ступінь насиченості блоку зображення низькочастотними перепадами, а саме: зміна рівня яскравості і координати кольору.

- з'ясовано, що значення компонент у нижній правій зоні трансформанти (високочастотні коефіцієнти) залежать від ступеня семантичної насиченості блоку зображення (дрібні деталі та імпульсні сплески).

4. При визначенні оцінки семантичного навантаження блоків аерофотознімків застосовані ієрархічний деревовидний метод і метод К-середніх.

Перевага методів полягає в кластеризації блоків аерофотознімків на основі низькочастотних показників трансформант ДКП та в подальшому об'єднанні однорідних зон блоків аерофотознімків у кластери. Саме такий підхід дасть змогу скоротити час визначення окремих текстурних структур, однорідних ландшафтних ділянок та об'єктів на аерофотознімках в цілому.

При цьому введено плаваючий поріг ΔP , який визначає рівень інформативності кожного типу блоку аерофотознімків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мосов С. Аэрокосмическая разведка в современных военных конфликтах: монография / С. Мосов. — К. : Изд. дом. «Румб», 2008. — 248 с.
2. Гонсалес Р. С. Цифровая обработка изображений / Р. С. Гонсалес, Р. Э. Вудс. — М. : Техносфера, 2006. — 1072 с.
3. Кашкин В. Би. Цифрова обробка аерокосмічних зображень : конспект лекцій / В. Кашкин. — Красноярськ : ИПК СФУ, 2008. — 121 с.
4. Баранник В. В. Методология оценки задержки на обработку базовых кадров видеопотока для инфокоммуникационных технологий / В. В. Баранник, А. П. Мусиенко // Радиоэлектроника и информатика. — 2014. — № 4. — С. 15–20.
5. Власов А. В. Аналіз методів виявлення меж об'єктів на зображеннях і їх класифікація / А. В. Власов, В. В. Баранник, А. В. Яковенко // Сучасна спеціальна техніка, 2012. — Вип. 3 (30). — С. 17–27.
6. Баранник В. В. Обоснование рекомендаций для методологии оценки эффективности принятия решений в процессе аэромониторинга / В. В. Баранник, А. П. Мусиенко // Открытые компьютерные информационные интегрированные технологии. - № 69. — 2015. — С. 12–21.

Стаття надійшла до редакції 29.02.2016