

С. І. Березіна, Ю. О. Гордієнко, О. І. Солонець

АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ СЕГМЕНТАЦІЇ ВИСОКОТЕКСТУРОВАНИХ ОБ'ЄКТІВ

Підвищення оперативності та достовірності обробки даних аерокосмічного знімання безпосередньо пов'язане з вирішенням завдання автоматизації процесу дешифрування, що досягається мінімізацією зон пошуку, виявленням замаскованих об'єктів та визначенням динаміки змін у районах спостереження. Першочерговим етапом, що визначає якість автоматизованої обробки та результату дешифрування в цілому, є тематичне сегментування зображення, у процесі якого необхідно враховувати наявність значної кількості текстурованих об'єктів. У статті проаналізовано шляхи вирішення проблеми сегментації високотекстурованих об'єктів, які мають великий діапазон зміни можливих значень кольору. Дослідження проводилися щодо виокремлення лісових масивів і поодиноких насаджень від луки, степу тощо, які мають аналогічні колірні характеристики, але відрізняються текстурою, а також житлових масивів від лісових, яким притаманні однакові розміри зерна текстури та різні колірні характеристики. Досліджено: метод опису текстури, який ґрунтується на обчисленні кількості перепадів яскравості на одиницю площі зображення; метод опису й виміру текстури, що характеризується довжиною серії; методи опису текстури, що базуються на обчисленні їх фрактальної розмірності. Для можливості опису текстури різними методами, у першу чергу, встановлено апертуру вікна аналізу, яка забезпечує відокремлення різних класів об'єктів. Проаналізовані методи опису текстури показали в будь-якому випадку наявність зон помилкової ідентифікації на результуючих зображеннях. Визначено, що найкращий результат отримано в разі використання методу опису й виміру текстури, який ґрунтується на обчисленні кількості перепадів яскравості на одиницю площі зображення, та методу опису текстури на основі обчислення її фрактальної розмірності за методом знаходження площі піраміди покриття фрагмента зображення. Для отримання більш точної сегментної карти зображення, яке містить високотекстуровані фрагменти, запропоновано комплексування двох зазначених методів.

Ключові слова: сегментування зображення; дешифрування зображення; кластеризація колірного простору; текстурні ознаки; контуропідкреслювальні фільтри; поле фрактальної розмірності.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Для ведення бойових дій у сучасних умовах потрібна висока інформативність розвідувальних даних, яка забезпечується формуванням цифрових зображень з високою просторовою розрізненістю. Це призводить до значного зростання обсягу оброблюваної інформації. Автоматизація процесу дешифрування знімків дозволяє підвищити оперативність та достовірність за рахунок мінімізації зон пошуку, виявлення замаскованих об'єктів та визначення динаміки на знімках. Першочерговим етапом, що визначає якість автоматизованої обробки та

результату дешифрування в цілому, є тематичне сегментування зображення. Для створення автоматизованої системи розпізнавання необхідно враховувати наявність на космічних та аерознімках великої кількості текстурованих об'єктів, які є найбільш складними для процесу побудови сегментної карти. Тому актуальним стає завдання розв'язання проблеми сегментації високотекстурованих об'єктів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існує багато методів сегментування зображення, які ґрунтуються на базових властивостях сигналу: яскравості, однорідності та розривності, – що орієнтовані на різні властивості розбиття. Згідно з класифікацією Скарбека й Кошана, усі ці методи розділені на такі групи [1, 2]:

1) методи на основі властивостей пікселя: кластеризація в кольоровому просторі; порогова обробка гістограми; нечітка кластеризація в кольоровому просторі;

2) методи на основі властивостей області: вирощування регіонів; дроблення-злиття ділянок;

3) методи на основі виділення меж: глобальні, локальні.

Методи на основі властивостей пікселя ґрунтуються на тому, що кожен піксель зображення однозначно характеризується просторовими координатами і значенням складових кольору $F_{RGB}(x, y, r, g, b)$ у колірному просторі RGB та $F_{HSV}(x, y, h, s, v)$ у колірному просторі HSV:

$$F_{HSV}(x, y, h, s, v) = \Phi(F_{RGB}(x, y, r, g, b)),$$

де $\Phi(F_{RGB}(x, y, r, g, b))$ – функція перерахунку з колірної моделі RGB у колірну модель HSV.

У ході проведення сегментації правило прийняття рішення про віднесення пікселя до певного класу для колірного простору RGB буде виглядати таким чином [3]:

$$\begin{cases} (|r_0 - r| < \delta r \wedge |g_0 - g| < \delta g \wedge |b_0 - b| < \delta b) \Rightarrow F(x, y, r, g, b) \in A_0; \\ (|r_0 - r| > \delta r \vee |g_0 - g| > \delta g \vee |b_0 - b| > \delta b) \Rightarrow F(x, y, r, g, b) \in A_1, \end{cases} \quad (1)$$

де A_0 – піксель зображення належить об'єкту певного класу;

A_1 – піксель зображення не належить до цього класу об'єкта;

r_0, g_0, b_0 – математичні сподівання значення інтенсивності червоного, синього і зеленого кольорів еталонного зображення об'єкта;

$\delta r, \delta g, \delta b$ – допустимі відхилення від еталонного значення.

У разі використання колірного простору HSV правило набирає такого вигляду [3]:

$$\begin{cases} (|h_0 - h| < \delta h \wedge |s_0 - s| < \delta s \wedge |v_0 - v| < \delta v) \Rightarrow F(x, y, h, s, v) \in A_0; \\ (|h_0 - h| > \delta h \vee |s_0 - s| > \delta s \vee |v_0 - v| > \delta v) \Rightarrow F(x, y, h, s, v) \in A_1, \end{cases} \quad (2)$$

де h_0, s_0, v_0 – математичні сподівання значень тону, насиченості та яскравості еталонного зображення;

$\delta h, \delta s, \delta v$ – допустимі відхилення від еталонного значення.

Тоді результатом кластеризації буде квантування кольору для зображення [4].

Труднощі використання методів сегментації даної групи пов'язані з виділенням текстурованих об'єктів, які мають великий діапазон можливих значень кольору. Для знімків земної поверхні це виокремлення лісових масивів і поодиноких насаджень від луки, степу тощо, які мають аналогічні колірні характеристики, але відрізняються текстурою. На рис. 1–2 наведено знімки, на яких проводилися дослідження (рис. 1) та гістограми розподілу колірних характеристик (рис. 2). Результат кластеризації за правилами (1), (2) наведено на рис. 3.



Рис. 1. Знімки, на яких проводились дослідження

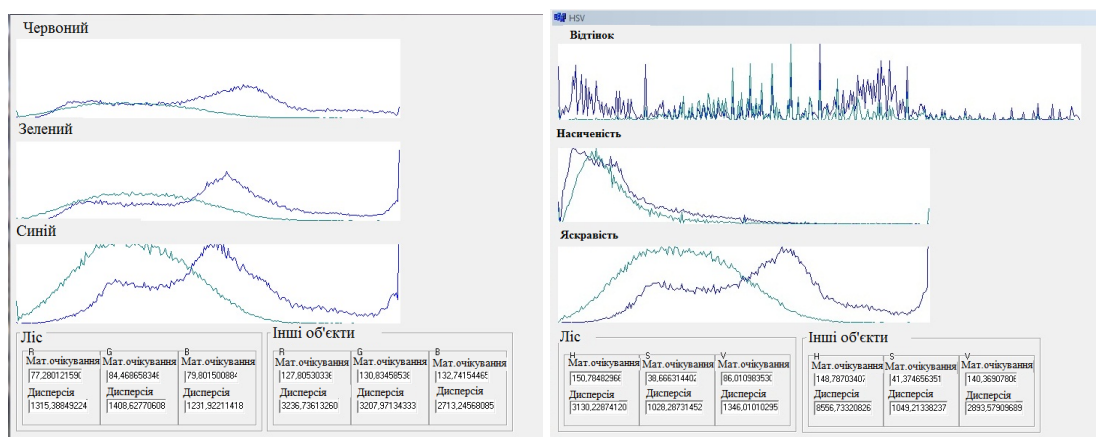
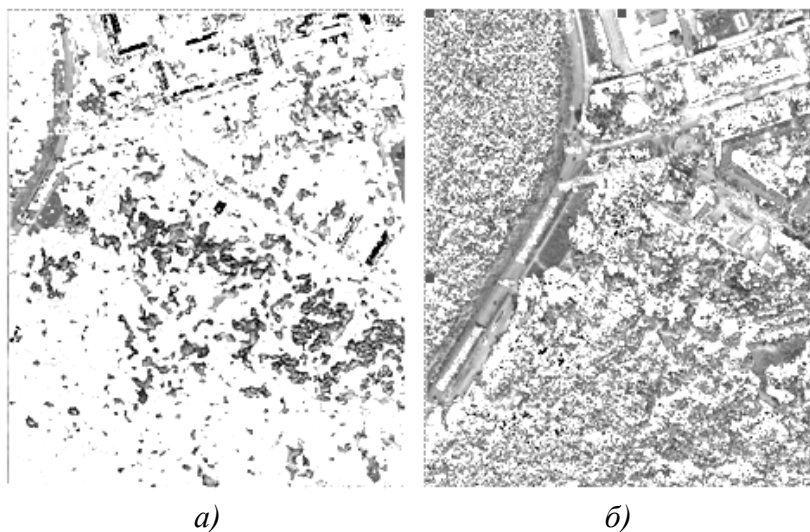


Рис. 2. Гістограми розподілу характеристик кольору (RGB) та (HSV)



а)

б)

Рис. 3. Результат виділення лісових масивів на підставі колірних характеристик: а) використання усього діапазону можливих значень; б) звужений діапазон допустимих значень

Проаналізувавши отримані результати, можна зробити висновок, що діапазон можливих колірних значень пікселів лісових масивів, які належать зображенню, варіюється в широких межах, а отже, використання дешифрувальних ознак, що ґрунтуються на колірних характеристиках досліджуваної зони, не дає прийнятних результатів у разі дешифрування (рис. 3а). Зменшення діапазону допустимих значень дозволяє ліквідувати велику частину помилок першого роду, але пропорційно збільшує кількість помилок другого роду (рис. 3б).

Методи на основі властивостей області враховують просторове розташування точок напряму [5]–[7] для текстурованих об'єктів, але в такому разі не виконуються вимоги до результату сегментації невеликої кількості дрібних «дірок» усередині регіону та до гладкості меж регіонів.

Методи, що ґрунтуються на операторах виділення меж [6], [8], формують завдання сегментації як задачу пошуку меж регіонів. Для визначення точки перепаду яскравості застосовується апарат диференціальної геометрії. За наявності зображень текстурованих об'єктів на знімках визначається велика кількість точок, позначених як точки перепаду яскравості, що призводить до значного ускладнення алгоритму визначення меж об'єкта.

Формулювання завдання дослідження. Завданням дослідження є вибір методів автоматичної сегментації зображення для отримання найбільш точної сегментної карти високотекстурованих об'єктів.

Виклад основного матеріалу. Поняття текстури трактується як характер розподілу спектральної яскравості за полем зображення об'єкта, обумовлений взаємним закономірним розташуванням неоднорідних за спектральною яскравістю елементів, що складають об'єкт. Текстура відображає внутрішню будову об'єкта, тобто взаємне положення елементів, що його складають або утворюють поверхню, і їх яскравість. Текстура може передавати впорядковану зміну тону у вигляді геометрично правильних або майже правильних рисунків. Подібну текстуру мають, наприклад, цегляна кладка, кахельне облицювання, спеціально розфарбовані поверхні: шахівниця, пішохідний перехід тощо. Інший тип – стохастична текстура. Вона властива природним об'єктам і, як правило, є наслідком шорсткості спостережуваних об'єктів [9].

Текстурні ознаки за своєю природою залежать від розміру ділянки, на якій вони визначаються. Оскільки текстура – просторова властивість, виміри її ознак повинні бути обмежені областями, що мають відносну однорідність. Тому перш ніж робити спроби виміряти текстуру, необхідно встановити межі області однорідної текстури шляхом спостереження або за допомогою одного з методів автоматичної сегментації зображення.

1. Метод для опису і виміру текстури, який ґрунтується на обчисленні кількості перепадів яскравості на одиницю площі зображення. Розенфельд і Трої запропонували як текстурну ознаку використати кількість перепадів яскравості в околі точки [10]. Спочатку за допомогою деякої системи виявлення перепадів створюється такий контурний препарат $E(j, k)$, що $E(j, k) = 1$ для виявленої точки перепаду, інакше $E(j, k) = 0$. Зазвичай поріг виявлення встановлюється нижче, ніж у разі виділення граничних точок областей постійної яскравості. Потім формується текстурна ознака:

$$T(j, k) = \left[\frac{1}{(2W + 1)^2} \right] \sum_{m=j-W}^{j+W} \sum_{n=k-W}^{k+W} E(m, n),$$

де $2W+1$ – апертура вікна;

$E(m, n)$ – контурний препарат.

Точність обчислення кількості перепадів, а отже, ідентифікація лісових масивів на знімку залежить від обраного контуропідкреслювального фільтра. Найбільш чутливим до перепадів яскравості й таким, що дає необхідну тонку межу, є фільтр Уолліса, який запропонував нелінійний метод виявлення перепадів яскравості на основі гомоморфної обробки зображення [11]. Основна перевага цього детектора перепадів, крім простоти обчислень, полягає в тому, що він не чутливий до мультиплікативних змін рівня яскравості. Результат обробки наведено на рис. 4.

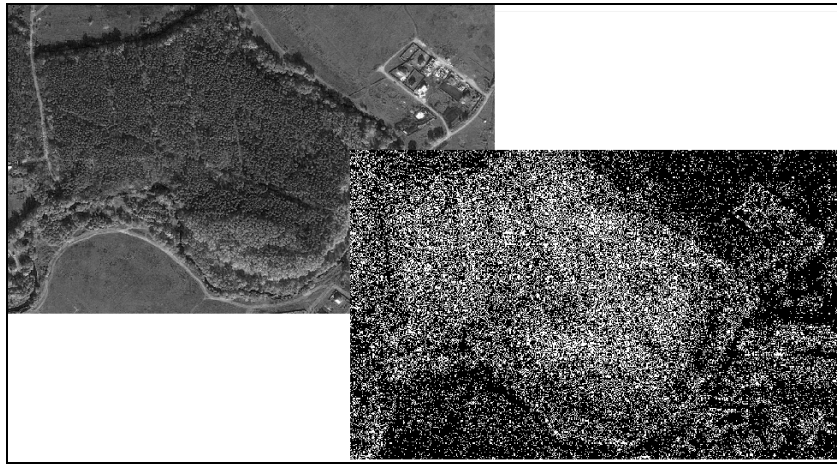


Рис. 4. Результат виявлення перепадів яскравості фільтром Уолліса

У ході реалізації методу на основі обчислення кількості перепадів яскравості на одиницю площі зображення початковий знімок переводився в монохромний. Для компенсації похибки, пов'язаної з умовами освітленості в момент знімання, у результаті проведеного аналізу було прийнято рішення використати 16 градацій яскравості. Перетворення проводилися методом нелінійного підвищення контрасту. У результаті визначення оптимального розміру сканувального вікна був отриманий графік залежності кількості перепадів яскравості від розмірів вікна (рис. 5). Згідно з даними було встановлено, що зона насичення спостерігається у вікні розміром 10 x 10. Результат кластеризації на основі розглянутої текстурної ознаки наведено на рис. 6.

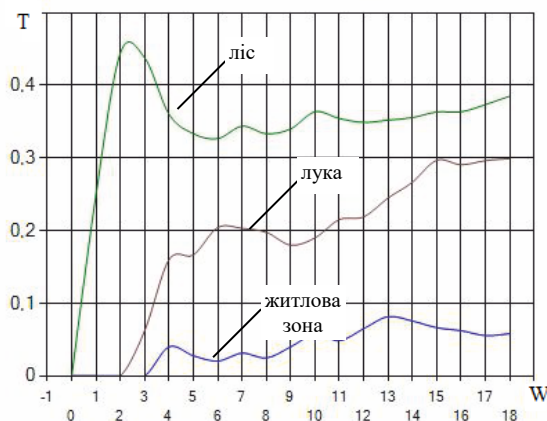


Рис. 5. Залежність кількості перепадів яскравості від розміру вікна

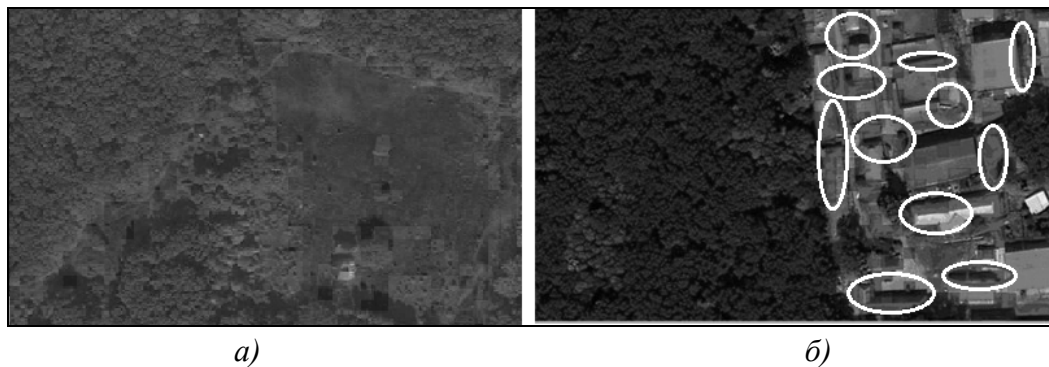


Рис. 6. Результат визначення на знімку: а) лісу та луки; б) лісу та житлової зони

Результат кластеризації на основі підрахунку кількості перепадів яскравості (рис. 6) дав досить стійке розпізнавання класів «лука» – «ліс», проте суттєві помилки спостерігалися в ході розпізнаванні класів «ліс» – «житлова зона». Білим кольором відзначено зони помилкового виявлення. Отже, розглянутий метод не дозволяє однозначно ідентифікувати зони лісу та лісових насаджень.

2. Метод опису і виміру текстури, що характеризується довжиною серії. Галлоуей запропонував метод виміру текстури, у якому замість гістограм яскравості використовуються гістограми довжин серій [11]. Довжина серії визначається звичайним способом як кількість наступних один за одним у певному напрямі елементів зображення з однаковою яскравістю. У разі грубої текстури виходять довгі серії, а за дрібною – короткі. Для компенсації похибки, пов'язаної з умовами освітленості в момент знімання, у результаті проведеного аналізу було прийнято рішення використати 4 градації яскравості. Побудовану гістограму довжин серій наведено на рис. 7.

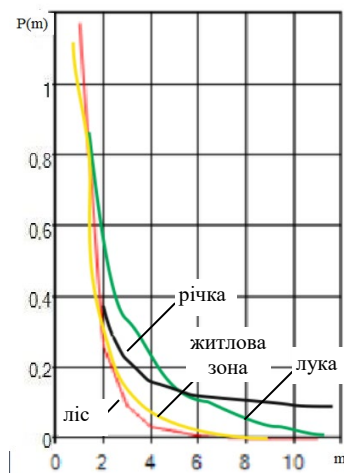


Рис. 7. Гістограма довжин серій

Процес кластеризації проводився на основі розрахунку показника зворотного моменту:

$$\Lambda = \frac{\sum_{n=1}^N \frac{m_n}{n^2}}{\sum_{n=1}^N m_n},$$

де N – кількість можливих довжин серій;

m_n – кількість серій довжини n .

На результуючих зображеннях так само присутні зони помилкової ідентифікації «ліс» – «лука» та «ліс» – «житлова зона» (рис. 8).

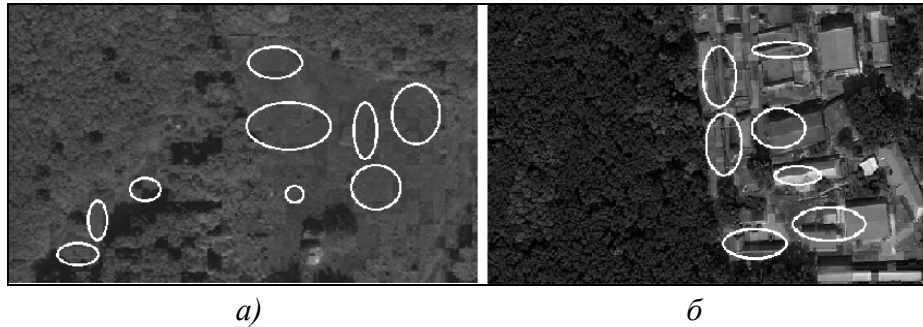


Рис. 8. Результат обробки зображення методом на основі обчислення довжин серій:
а) «ліс» – «лука»; б) «ліс» – «житлова зона»

Аналіз отриманих результатів показав, що в разі використання розглянутих методів ідентифікації лісових масивів присутні зони помилкового виявлення.

3. Методи опису текстури на основі обчислення її фрактальної розмірності. Для використання зазначених методів виходять з того, що фрактальна розмірність є дробовою величиною, яка характеризує форму поверхні об'єкта і є показником міри заповнення простору фрактальною структурою. Для фрагмента зображення це неоднорідність заповнення колірному простору (рис. 9). Якщо розглядати ці об'єкти в різному масштабі, то постійно виявляються одні й ті ж фундаментальні елементи, які визначають дробову або фрактальну розмірність структури [12].

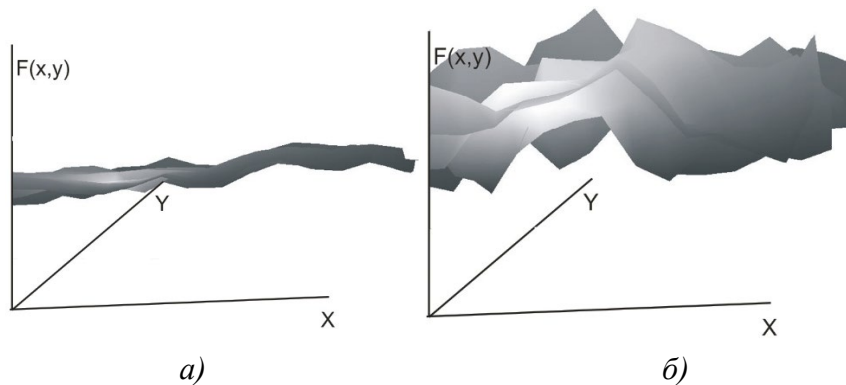


Рис. 9. Заповнення колірному простору фрагментами зображення: а) дороги; б) лісу

За визначенням Б. Мандельброта, об'єкт фрактальний, якщо його розмірність за Хаусдорфом – Безиковичем, тобто фрактальна розмірність, перевищує топологічну та є нецілим числом [12]. Комп'ютерні алгоритми обчислення фрактальної розмірності d зазвичай використовують співвідношення [13]

$$\lg N(\varepsilon) = \lg c - d \lg \frac{1}{\varepsilon} \quad (3)$$

де c – константа;

ε – апертура вікна.

Існує багато методів визначення $N(\varepsilon)$, застосування яких обумовлюється специфікою поставленого завдання, але усі вони включають підрахунок об'єму або площі фрактальної форми і того, як вона змінюється в масштабах, якщо цей об'єм або форма збільшуються. Як слідує з (3), графік залежності $\lg N(\varepsilon)$ від $\lg \frac{1}{\varepsilon}$ – пряма з кутовим коефіцієнтом d . Для визначення невідомих параметрів c та d (хоча значення c зазвичай не становить інтересу) необхідно оцінити $N(\varepsilon)$ для двох розмірів – ε_1 та ε_2 :

$$\begin{cases} \lg N(\varepsilon_1) = \lg c - d \lg \frac{1}{\varepsilon_1}; \\ \lg N(\varepsilon_2) = \lg c - d \lg \frac{1}{\varepsilon_2}. \end{cases}$$

Оскільки текстура не є фракталом, величини $N(\varepsilon)$ можуть бути знайдені лише приблизно, розрахунок проводиться для більшої кількості значень ε . Для пошуку значення фрактальної розмірності d зазвичай використовують метод найменших квадратів, що забезпечує мінімум суми квадратів відхилень (рис. 10).

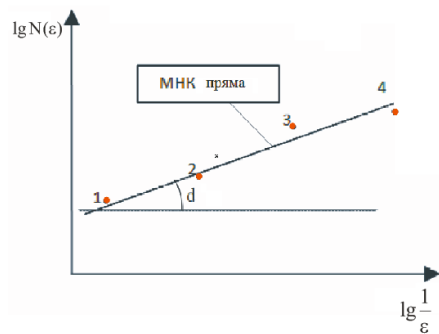


Рис. 10. Визначення фрактальної розмірності за масивом значень

Отже, для підрахунку розмірності необхідно точно задати деякий набір операцій виміру та інтерпретації розмірності. У ході досліджень проводився аналіз методу підрахунку кубів (рис. 11а) та методу знаходження площі піраміди (рис. 11б).

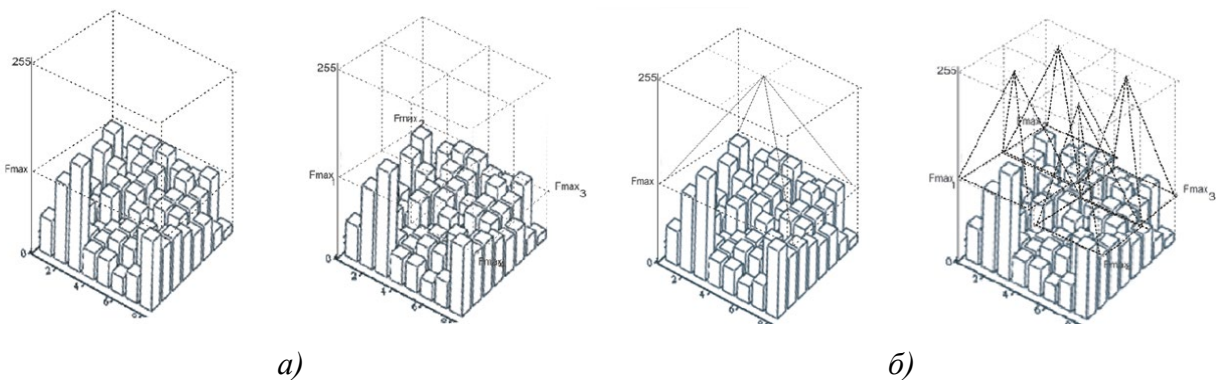


Рис. 11. Покриття фрагмента зображення за методами: а) підрахунку кубів; б) знаходження площі піраміди

Суть методу підрахунку кубів полягає в тому, що початкове зображення обробляється сканувальним вікном з апертурою, кратною 8. При кожному положенні вікна знаходиться максимальне значення яскравості та визначається дефіцит куба до значення 255 за координатою z (яскравість). Потім розмір аперттури зменшується в 2 (4) рази, а розрахунки повторюються. На підставі отриманих значень розраховуються $\lg N(\varepsilon)$ та $\lg \frac{1}{\varepsilon}$ (ε – розміри куба, $N(\varepsilon)$ – дефіцит яскравості).

Нахил графіка залежності $\lg N(\varepsilon)$ від $\lg \frac{1}{\varepsilon}$ дає безпосередньо фрактальну розмірність D . Для визначення оптимальних розмірів вікна було побудовано графік залежності $\lg N(\varepsilon)$ від розмірів сканувального вікна (рис. 12).

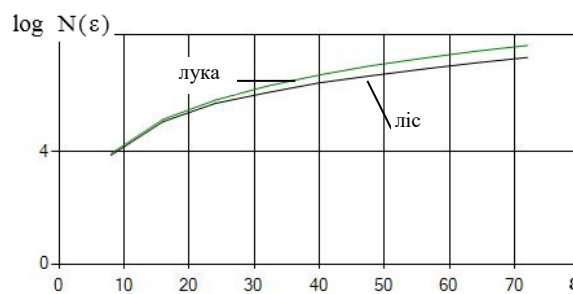


Рис. 12. Графік залежності $\lg N(\varepsilon)$ від розмірів сканувального вікна

Згідно з графіком (рис. 12) визначено розміри сканувального вікна, за яких об’єкти «лука» – «ліс» різняться та становлять 16 x 16, 24 x 24, 32 x 32. Статистичний аналіз фрактальної розмірності, розрахованої за методом кубів за розміру сканувального вікна 16 x 16, підтвердив можливість її використання для розрізнення класу об’єктів лісових масивів від луки (рис. 13).

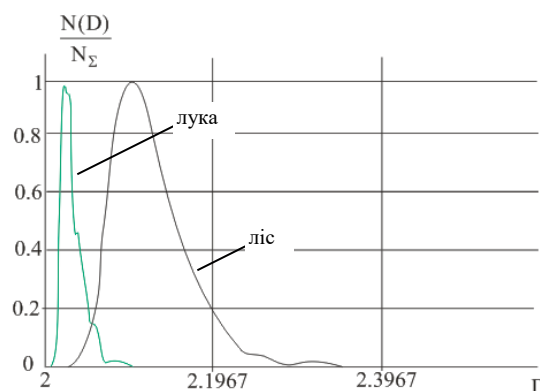


Рис. 13. Графік розкиду значень фрактальної розмірності двох об’єктів («лука» – «ліс»)

Згідно з рис. 13 на знімках ділянки луки та лісу є значення, які знаходяться в зоні невизначеності (2,0277–2,1025). Отже, у результаті розпізнавання виникатимуть незначні помилки 1-го і 2-го роду. Результат обробки зображення наведено на рис. 14, аналіз якого показує, що зони помилкової ідентифікації мають меншу площу, ніж у розглянутих вище методах, однак наявні помилки, пов’язані з ідентифікацією будівель.



Рис. 14. Результат сегментації зображення за методом підрахунку кубів

У разі використання методу піраміди для визначення фрактальної розмірності знаходять значення інтенсивності центрального пікселя в сканувальному вікні та будують піраміду висотою, що дорівнює значенню інтенсивності кольору центрального пікселя, у її основі лежить квадрат, сторона якого дорівнює стороні сканувального вікна. Обчислюють площу бічних площин піраміди, далі повторюють зазначені дії для вікна, поступово зменшуючи його розмір удвічі. Будують графік логарифмічної залежності площі піраміди від розмірів вікна, апроксимують даний графік методом найменших квадратів та визначають кут нахилу даної прямої до площини. Значення фрактальної розмірності зображення розраховують за (3).

Статистичний аналіз фрактальної розмірності, розрахованої за методом піраміди за розмірів сканувального вікна 16 x 16, підтвердив можливість її використання для розділення класу об'єктів лісових масивів від луки (рис. 15).

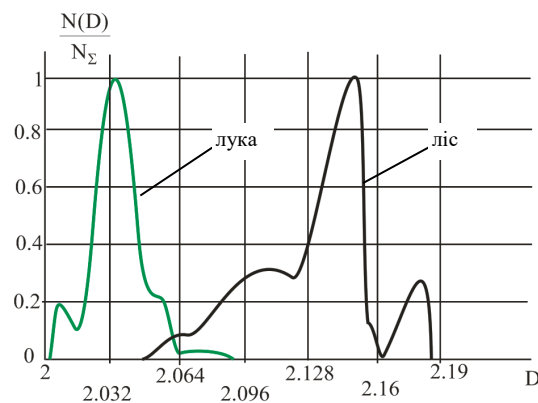


Рис. 15. Графік розкиду значень фрактальної розмірності двох об'єктів («лука» – «ліс»)

Результат обробки зображення наведено на рис. 16 (виділені зони помилкової ідентифікації), аналіз якого показує, що використання фрактальної розмірності, розрахованої за методом призми, дає найкращі результати, але все ж існують незначні зони помилкової ідентифікації.

Окрім зазначених методів опису текстури також проаналізовано можливість використання автокореляційної функції, основними недоліками якої є великий розмір вікна, час на розрахунки та наявність значної кількості помилок правильної ідентифікації текстурованого об'єкта.



Рис. 16. Результат сегментації зображення за методом призми

Результати досліджень показали, що всі проаналізовані методи мають зони помилкового визначення розташування текстурованого об'єкта, тому було прийнято рішення про доцільність комплексування декількох методів. За критерії відбору використовувалися мінімальна апертура сканувального вікна та мінімум помилок ідентифікації. Вибір методів опису текстури об'єктів на знімку здійснювався на підставі методу адитивної згортки критеріїв, який передбачає визначення коефіцієнтів відносної важливості кожного з критеріїв вибору та їх нормалізації, тобто приведення критеріїв до єдиного (безрозмірного) масштабу виміру:

$$A = \min \left(\sum_n \alpha_n B_n \right),$$

де α_n – відносна важливість критерію;

B_n – нормалізоване значення критерію (розмір апертури та кількість помилок ідентифікації).

Для розрахунку було прийнято, що максимальна оцінка важливості кожного критерію дорівнює 10 балів. Відносна важливість критерію кількості помилок дорівнювала 10, а розміру апертури – 5. На основі важливості критеріїв і кількісної їх оцінки виробляється визначення агрегованих значень варіантів рішень, як суми добутку оцінок, отриманих за погодженими кількісними шкалами, і коефіцієнтів відносної важливості (ваг) кожного з критеріїв. Вибір кращого варіанта здійснюється на основі інтегральної оцінки кожної складової системи. У результаті рекомендовано використовувати методи опису текстури, які ґрунтуються на обчисленні кількості перепадів яскравості на одиницю площі зображення, та розрахунку фрактальної розмірності за методом призми.

Висновки. У зв'язку з тим, що аерокосмічні зображення є сукупністю текстурних областей природного походження і штучних об'єктів із низькою тоною насиченістю, аналіз методів побудови сегментної карти на підставі кольірних ознак пікселей показав, що вони не придатні для виділення текстурованих об'єктів, які мають великий діапазон можливих значень кольору. Для знімків земної поверхні це виокремлення лісових масивів і поодиноких лісових насаджень від луки, степу тощо, які характеризуються аналогічними кольорними характеристиками, але відрізняються текстурою. Відповідно виникає необхідність використання текстурних ознак зображення.

Проаналізовані в роботі методи опису текстури показали наявність зон помилкової ідентифікації. Найкращий результат було отримано внаслідок використання методу опису і виміру текстури, який ґрунтується на обчисленні кількості перепадів яскравості на одиницю площі зображення, та методу опису текстури на основі обчислення її фрактальної розмірності за методом знаходження площі піраміди покриття фрагмента зображення. Для отримання більш точної сегментної карти зображення, яке містить текстуровані фрагменти, запропоновано комплексування двох зазначених методів, що є предметом для подальших досліджень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аналіз відомих методів сегментування зображень, що отримані з бортових систем оптико-електронного спостереження / В. Г. Худов, Г. А. Кучук, О. М. Маковейчук, А. В. Крижний // Системи обробки інформації. 2016. № 9 (146). С. 77–80.
2. Шитова О. В., Пухляк А. М., Дроб Е. М. Аналіз методів сегментації текстурних областей зображень в системах обробки зображень // Научные ведомости Белгородского гос. ун-та. 2014. № 8 (179). Вып. 30/1. С. 182–188.
3. Березина С. И., Бутенко О. С., Еременко Д. В. Определение последствий деятельности предприятий, загрязняющих окружающую среду по данным космического мониторинга // Системи обробки інформації. 2014. № 2 (118). С. 237–245.
4. Iris localization based on the Hough transform, a radial-gradient operator, and the gray-level intensity / F. Jan, I. Usman, S. Khan, S. Malik // Optik. 2013. Vol. 124 (23). P. 5976–5985.
5. Nixon M., Aguado A. Feature Extraction and Image Processing // Elsevier Science Linacre House. Jordan Hill, Oxford, 2013. 350 p.
6. Burge M., Kropatsch W. A minimal line property preserving representation of line images // Computing. 1999. Vol. 62, Iss. 4. P. 355–368.
7. Zenzo S., Cinque L., Levialdi S. Run-based algorithms for binary image analysis and processing // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 1996. Vol. 18, № 1. P. 83–89.
8. Худов В. Г., Маковейчук О. М. Удосконалений еволюційний метод сегментування багатомасштабної послідовності зображень, отриманих з космічних систем оптико-електронного спостереження // Зб. наук. праць Харків. нац. ун-ту. Повітряних Сил. 2017. № 3 (52). С. 93–97.
9. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G. Imagenet classification with deep convolutional neural networks // Advances in neural information processing systems. 2012. P. 1097–1105.
10. Long J., Shelhamer E., Darrell T. Fully convolutional networks for semantic segmentation // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2016. Vol. 39, Iss. 4. P. 640–651.
11. Прэтт У. К. Цифровая обработка изображений : в 2-х кн. Москва : Мир, 1982. Кн. 1. 312 с., Кн. 2. 480 с.
12. Таршин В. А., Сотников А. М., Пащенко Р. Э. Метод оперативной подготовки эталонов на основе фрактальной обработки изображений с высокой объектовой насыщенностью // Техническое зрение. 2014. Вып. 1 (5). С. 2–8. URL: <http://magazine/>

technicalvision.ru/public ftp/ issue_1(5)/Тех.зрение_1_5__1.pdf (дата обращения: 20.09.2019).

13. Фрактальный анализ процессов, структур и сигналов : коллективная монография / Под ред. Р. Э. Пашенко. Харьков : ХООО «НЭО «Экоперспектива», 2006. 348 с.

Подано 08.11.2019

С. И. Березина, Ю. А. Гордиенко, А. И. Солонец

АНАЛИЗ ПУТЕЙ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ СЕГМЕНТАЦИИ ВЫСОКОТЕКСТУРИРОВАННЫХ ОБЪЕКТОВ

Повышение оперативности и достоверности обработки данных аэрокосмических снимков непосредственно связано с решением задачи автоматизации процесса дешифровки, которая достигается минимизацией зон поиска, обнаружения замаскированных объектов и определения динамики изменения в районах наблюдения. Первоочередным этапом, который определяет качество автоматизированной обработки и результатов дешифрования в целом является тематическое сегментирование изображения. В процессе тематического сегментирования изображения необходимо учитывать наличие большого количества текстурированных объектов. В статье проведен анализ путей решения проблемы сегментации высокотекстурированных объектов, которые имеют большой диапазон изменения возможных значений цвета. Исследования проводились относительно выделения лесных массивов и одиночных насаждений от луга, степи и т. п., которые имеют аналогичные цветовые характеристики, но при этом отличаются текстурой, а также жилищных массивов от лесных, которым свойственны одинаковые размеры зерна текстуры и разные цветовые характеристики. Исследованы: метод описания текстуры, основанный на вычислении количества перепадов яркости на единицу площади изображения; метод описания и измерения текстуры, которая характеризуется длиной серии; методы описания текстуры на базе вычисления их фрактальной размерности. Для возможности описания текстуры разными методами, в первую очередь, установлена апертура окна анализа, которая обеспечивает различие разных классов объектов. Проанализированные методы описания текстуры показали во всех случаях наличие зон ошибочной идентификации на результирующих изображениях. Установлено, что наилучший результат получен при использовании метода описания и измерения текстуры, основанного на вычислении количества перепадов яркости на единицу площади изображения, и метода описания текстуры на базе вычисления ее фрактальной размерности по методу нахождения площади пирамиды накрытия фрагмента изображения. Для получения более точной сегментной карты изображения, которая содержит высокотекстурированные фрагменты, предложено комплексирование двух указанных методов.

Ключевые слова: сегментирование изображений; дешифрирование изображений; кластеризация цветного пространства; текстурные признаки; контуроподобные фильтры; поле фрактальной размерности.

S. I. Berezina, Yu. O. Gordienko, O. I. Solonets

ANALYSIS OF WAYS OF SOLVING THE SEGMENTATION PROBLEM FOR HIGHLY TEXTURED OBJECTS

Increment of speed and reliability of aerospace images processing is directly related to solution of the task of automation of images interpretation process, which is achieved by minimizing search areas, detecting masked objects and defining the dynamics of changes in surveillance areas. The primary stage that in general determines the quality of results received by automated processing and interpretation is thematic segmentation of the image. In the process of thematic segmentation it is necessary to take into account presence of a large number of textured objects. The paper analyzes the ways of solving the segmentation problem for highly textured objects with large range of variation of possible color values. The research included separation of woodlands and single plants from meadows, steppes, etc., which are characterized by similar color characteristics, but differ in texture. It also included separation of residential areas from forests, which are characterized by the same grain size of texture and different color characteristics. The method of texture description, which is based on calculation of the number of differences in brightness per unit area of the image, the method of description and measurement of texture, characterized by the length of the series, the methods of texture description based on calculation of their fractal dimension have been investigated. In order to describe the texture by different methods, first of all, an aperture of the analysis window was defined. That aperture ensures separation of different classes of objects. The analyzed methods of texture description showed that areas of false identification are always present in the result images. It was determined that the best results were obtained with two of the discussed methods. The first one was the method of texture description and measurement based on calculation of the number of brightness differences per unit area of the image. The second one was the method of texture description based on calculation of fractal dimension by searching the area of the pyramid which covers image fragments. To obtain a more accurate segmented map of an image containing highly textured fragments, a combination of the two methods is suggested.

Keywords: *image segmentation; image interpretation; color space clustering; textural signatures; contouring filters; fractal dimension field.*