



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **105291** (13) **C2**  
(51) МПК (2014.01)  
**G06K 9/00**  
**G06K 9/36** (2006.01)  
**G06K 9/46** (2006.01)  
**G01V 8/00**

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки:	<b>а 2012 13355</b>	(72) Винахідник(и):	<b>Федоровський Олександр Дмитрович (UA), Якимчук Владислав Григорович (UA), Порушкевич Анатолій Юрійович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки:	<b>23.11.2012</b>	(73) Власник(и):	<b>ДЕРЖАВНА УСТАНОВА "НАУКОВИЙ ЦЕНТР АЕРОКОСМІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗЕМЛІ ІНСТИТУТУ ГЕОЛОГІЧНИХ НАУК НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ", вул. Олесь Гончара, 55-б, м. Київ, 01601 (UA)</b>
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	<b>25.04.2014</b>	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	<b>UA 90990 A; 10.06.2010; UA 39442 A; 15.06.2001; SU 1280409 A1; 30.12.1986; US 7194111 B1; 20.03.2007; US 7194132 B1; 20.03.2007; WO 2010104462 A1; 16.09.2010; US 2009060340 A1; 05.03.2009; US 2002012451 A1; 31.01.2002; US 8315472 B2; 20.11.2012; UA 84877 C2; 10.12.2008; UA 81195 C2; 10.12.2007;</b>
(41) Публікація відомостей про заявку:	<b>12.08.2013, Бюл.№ 15</b>		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	<b>25.04.2014, Бюл.№ 8</b>		

## (54) СПОСІБ РОЗПІЗНАВАННЯ ОБ'ЄКТІВ НА БАГАТОСПЕКТРАЛЬНОМУ/ГІПЕРСПЕКТРАЛЬНОМУ АЕРОКОСМІЧНОМУ ЗОБРАЖЕННІ

### (57) Реферат:

Винахід належить до галузі розпізнавання об'єктів на аерокосмічному зображенні. Спосіб полягає в тому, що виконується спектральна фільтрація пікселів зображення і виявляються пікселі, що за своїми спектральними властивостями не співпадають з підстильним фоном, навколо кожного з виявлених пікселів формується апертура з центром у такому пікселі і з розмірами, що дозволяють охопити будь-який об'єкт з числа класів, що розглядаються, для об'єктів заданих класів заздалегідь формують еталони структурно-текстурних характеристик, після локалізації об'єкта на місцевості визначають для нього матрицю суміжних ймовірностей, потім визначають функцію відповідності об'єкта еталонам заданих класів і за мінімальним значенням функції відносять досліджуваний об'єкт до того або іншого класу. Остаточне рішення про клас об'єкта приймається на основі комплексування структурно-текстурних характеристик зі спектральною інформацією і даними про геометричні форми об'єктів заданих класів. Технічним результатом, що досягається даним винаходом є підвищення достовірності розпізнавання.

UA 105291 C2

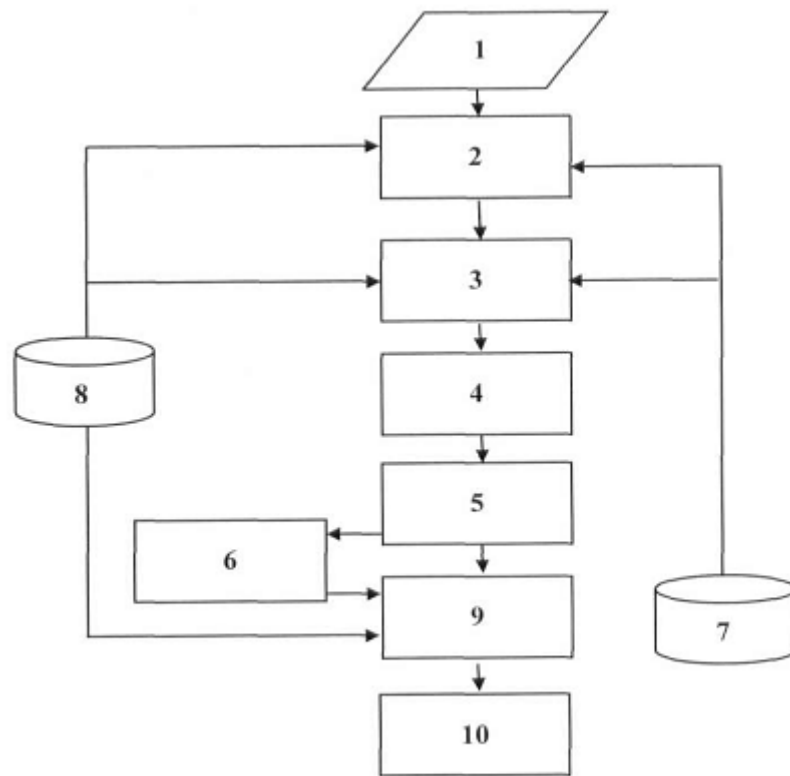


Fig. 1

Винахід належить до науково-технічного напрямку цифрового оброблення та аналізу аерокосмічних зображень.

Відомо багато способів виявлення та розпізнавання об'єктів на аерокосмічних зображеннях, які детально розглядаються в [1]. Незалежно від галузі застосування дистанційної інформації основними критеріями ефективності дешифрування є достовірність і оперативність. В [2] описано пристрій, який вирішує задачу зчитування та обробки зображень в реальному масштабі часу. Однак при використанні пристрою дешифрувальник в режимі навчання повинен сам встановлювати значення імовірності розташування об'єкта, а це збільшує імовірність хибної тривоги внаслідок суб'єктивного фактора та, відповідно, до зниження достовірності дешифрування. Спосіб розпізнавання оцифрованих растрових зображень, згідно з яким для вхідного і еталонного зображень виконують двомірне пряме дискретне перетворення Фур'є (ДПФ), а розпізнавання виконують на просторових спектрах вхідного і еталонних зображень описано в способі розпізнавання зображень, ПУ № 39442 А [3]. Але для даного способу необхідні зображення об'єктів високого просторового розрізнення, які мають достатню для ДПФ кількість пікселів.

Незначні контрасти "об'єкт-фон" більшості панхроматичних аерокосмічних зображень, часто не гарантують можливості надійно виділити об'єкти на підстильному фоні земної поверхні та розпізнавати їх з достатньою достовірністю. Більш високі величини контрасту "об'єкт-фон" досягаються на аерокосмічних зображеннях, які формуються багатоспектральними та гіперспектральними системами [4]. Піксел багатоспектрального або гіперспектрального зображення описується сукупністю значень яскравості у відповідних спектральних каналах, тобто вектором спектральних значень, розмірність якого дорівнює кількості спектральних каналів.

Для виявлення та розпізнавання об'єктів на гіперспектральних зображеннях, в "Методі коваріційного вирівнювання для гіперспектральних систем дистанційного зондування" (US Patent №7,194,111) [5] пропонується спосіб послідовного накопичення інформації про спектральні властивості як об'єктів, так і підстильних фонів, з формуванням відповідної бази даних, недоліком якого є необхідність проведення неодноразової зйомки певної території.

У "Методі і системі для виявлення анаомалій в мультиспектральних і гіперспектральних зображеннях з використанням нормального закону розподілення" (US Patent №7,263,226) [6] виявлення та розпізнавання об'єктів на гіперспектральних зображеннях виконується шляхом кореляційного аналізу сигналів зображення. Для сигналів об'єктів і фону, розподіли яких відповідають нормальному закону, будуються відповідні моделі, а за їх допомогою за критерієм максимальної правдоподібності приймаються відповідні рішення. Недоліками способу [6] є складність використаних статистичних моделей і низька точність розпізнавання у випадках, коли спектральні властивості об'єктів і фону достатньо близькі.

Суть "Способу розпізнавання об'єктів на багатоспектральному/гіперспектральному аерокосмічному зображенні" (ПУ № 90990, прототип) [7] у наступному. На багатоспектральному/гіперспектральному аерокосмічному зображенні виконується спектральна фільтрація пікселів зображення і виявляються пікселі, що за своїми спектральними властивостями не співпадають з підстильним фоном, далі навколо кожного з виявлених пікселів формують апертуру з центром у такому пікселі і з розмірами, що дозволяють охопити будь-який об'єкт з числа класів, що розглядаються. В апертурі формують опис об'єкта, цей опис порівнюють з описами еталонних об'єктів - представників різних класів, і за результатами порівняння приймають рішення щодо класової приналежності даного об'єкта. Рішення про виявлення та розпізнавання об'єктів приймаються на основі комплексування спектральної інформації і даних про геометричні форми об'єктів заданих класів. Слід зазначити, що даний спосіб не враховує структурно-текстурні характеристики (СТХ) зображення об'єктів, які є досить важливими в багатьох задачах.

Задача способу, що пропонується - усунення даного недоліку, а саме підвищення вірогідності дешифрування за рахунок комплексування спектральної інформації, даних про геометричні форми об'єктів та додатково структурно-текстурних характеристик об'єктів для їх розпізнавання.

Зазначена задача вирішується тим, що заздалегідь в режимі "навчання" для зображень об'єктів заданих класів формують еталони структурно-текстурних характеристик об'єктів у вигляді марковських моделей (ММ) [8-10]. Також формують функції відповідності  $D_i^0$  структурно-текстурних показників  $k$ -го досліджуваного об'єкта класам об'єктів. При дешифруванні визначають значення функцій відповідності  $D_i^0$  для кожного класу об'єкта. Віднесення досліджуваного об'єкта до того чи іншого класу роблять за мінімальним значенням функції

відповідності  $D_i^0$ . Рішення приймається на основі комплексування СТХ і використаних в прототипі спектральної інформації та даних про геометричну форму.

На фіг. 1 представлено схему виконання операцій, які складають запропонований спосіб: 1 - багатоспектральне/гіперспектральне зображення; 2 - спектральна фільтрація зображення; 3 - формування апертури з центром в об'єктовому пікселі; 4 - визначення спектрально еквівалентних пікселів в апертурі; 5 - формування опису об'єкта; 6 - формування структурно-текстурних характеристик класів об'єкта; 7 - база даних (БД) з описами спектральної інформації і даних про геометричні форми еталонних об'єктів різних класів; 8 - БД зі СТХ еталонних об'єктів різних класів; 9 - формування часткових рішень щодо класової належності об'єкта; 10 - рішення.

Розглянемо суть пропонованого способу (фіг. 1). На етапі "розпізнавання об'єктів" вибирається фрагмент цифрової карти місцевості, що відповідає ділянці місцевості на багатоспектральному або гіперспектральному зображенні (блок 1), і знімок прив'язується до цифрової карти. У загальному випадку спектральні характеристики об'єктів та підстильного фону можуть бути невідомі, але мають бути задані номенклатура класів і геометричні форми об'єктів (через їх контури) та структурно-текстурні характеристики зображення об'єктів всіх класів, що розглядаються.

Спектральна фільтрація зображення (блок 2) проводиться з метою виділення на зображенні тих пікселів, які за своїми спектральними властивостями відрізняються від пікселів підстильного фону. Щоб прийняти рішення щодо належності цього пікселя, використовується тестова статистика, яка базується на даних про спектральні властивості об'єктів та підстильного фону [7]. Далі, навколо кожного з пікселів, відібраного (відселектованого) як об'єктовий, формується апертура з центром у цьому пікселі (блок 3), визначаються спектрально еквівалентні піксели в апертурі (блок 4).

Після локалізації об'єкта як елемента, що не відповідає спектральній інформації місцевості виконується формування геометричного опису (блок 5). Далі визначаються ММ та функції відповідності  $D_i^0$  (блок 6) усім класам об'єктів, БД яких знаходиться в блоці 8. Рішення про клас об'єкта приймається за мінімальним значенням функції відповідності.

Фіг. 2 ілюструє принцип, за яким визначаються марковські моделі та функції відповідності в межах апертури. Як стохастична модель зображень використовується випадковий двомірний марковський процес першого порядку. Математичною формою опису марковської моделі зображення є матриця суміжних ймовірностей (МСВ) приростів яскравості космічного знімка.

Елемент  $P(\Delta)$  матриці є оцінкою ймовірності наявності в зображенні суміжних пікселів, що мають приріст оптичної яскравості  $\Delta$ ,  $\forall \Delta \in \overline{0, 2^N - 1}$ , де  $2^N \times 1$  - розмірність цих матриць,  $N$  - розрядність цифрового знімка. Величина  $P(\Delta)$  визначається як відношення кількості пар суміжних пікселів, що мають яскравості  $L_1$  і  $L_1 \pm \Delta$  до загального числа можливих контрастів значень яскравості в аналізованому зображенні об'єкта. Виходячи з того, що МСВ симетрична, для скорочення обчислень розраховувалися абсолютні значення на околицях кожного пікселя (фіг. 2) за формулою

$$\Delta = L(x, y) - \frac{1}{4} [L(x+1, y) + L(x-1, y) + L(x, y+1) + L(x, y-1)], \quad (1)$$

де  $L(x, y)$  - яскравість пікселя,  $x$  і  $y$  - координати пікселя у зображенні. Функції відповідності  $D_i^0$  структурно-текстурних показників  $k$ -го досліджуваного об'єкта  $P_k(\Delta)$  і показників еталонів класів об'єкта  $P_i^0(\Delta)$  записуються у вигляді виразу:

$$D_i^0 = \sum_{\Delta=1}^{\Delta^*} [P_k(\Delta) - P_i^0(\Delta)]^2, \quad (2)$$

де  $\Delta^*$  - найбільші значення контрастів ймовірностей для об'єктів і місцевостей, що наявні в зображенні.

Визначення класу об'єкта за структурно-текстурними характеристиками виконується у відповідності з виразом (2) за мінімальним значенням функції відповідності  $D_i^0$  (блок 9).

Остаточне рішення про клас об'єкта приймається на основі комплексування рішення по функції відповідності (2) зі спектральною інформацією і даними про геометричні форми об'єктів заданих класів (блок 10).

Джерела інформації:

1. Ильинский Н.Д., Обиралов А.М., Фостиков А.А. Фотограмметрия и дешифрирование аэроснимков. - М.: Недра, 1986. - 375с.
2. Устройство для считывания и обработки изображений объектов (его варианты). - А.С. №1280409 от 30.12.86 г., МКИ G 06K 9/36.
3. Русин Б.П., Остап В.П., Остап О.П. Спосіб розпізнавання зображень, Патент України № 39442 А від 15.06.2001.
4. Якушенко Ю.Г. Двух и многодиапазонные оптикоэлектронные системы с матричными приемниками излучения / Ю.Г. Якушенко, В.В. Тарасов. М: Логос, 2007. 192с.
5. Patent №7,194,111 United States, International Classes: G06K9/00; G01V3/38; G06F19/00; G06K9/46; G06K9/62; G06K9/66; H04N7/18. Hyperspectral remote sensing systems and methods using covariance equalization / Schaum A.P., Mayer R.R. Publication Date: 03/20/2007.
6. Patent №7,263,226 United States, International Classes: G06K9/46; G06K9/66. Method and system for detecting anomalies in multispectral and hyperspectral imagery employing the normal compositional model / Stein D.W. Publication Date: 08/28/2007.
7. Попов М.О., Станкевич С.А., Гулько Ю.І., Кондратов О.М., Андронов В.В., Топольницький М.В. Спосіб розпізнавання об'єктів на багатоспектральному/гіперспектральному аерокосмічному зображенні. Патент України № 90990 від 10.06.2010 р.
8. Справочник по теории вероятностей и математической статистике. Под ред. В.С. Корольюка. - Киев "Наук, думка", 1978. 584с.
9. А. Д. Федоровский, В. Г. Якимчук, С.А. Рябоконтенко. Дешифрирование космических снимков ландшафтных комплексов с использованием марковской модели изображений //Космічна наука і технологія. 2001, - Т. 7, №5-6, С. 80-84.
10. Якимчук В.Г. Об использовании марковской модели изображений для дешифрирования космических снимков ландшафтов. // Доповіді національної академії наук. - 2002. № 8 - С. 110-114.

#### ФОРМУЛА ВІНАХОДУ

- 30 Спосіб розпізнавання об'єктів на багатоспектральному/гіперспектральному аерокосмічному зображенні, згідно з яким виконують спектральну фільтрацію пікселів зображення і виявляють пікселі, що за своїми спектральними властивостями не співпадають з підстильним фоном, навколо кожного з виявлених пікселів формують апертуру з центром у такому пікселі і з розмірами, що дозволяють охопити будь-який об'єкт з числа класів, що розглядаються, який
- 35 **відрізняється** тим, що для об'єктів заданих класів заздалегідь формують еталони структурно-текстурних характеристик, після локалізації об'єкта на місцевості, визначають для нього матрицю суміжних ймовірностей, потім визначають функцію відповідності об'єкта еталонам для заданих класів - функцію відповідності об'єкта, і відносять досліджуваний об'єкт до того або
- 40 іншого класу за мінімальним значенням функції відповідності, остаточне рішення про клас об'єкта приймають на основі комплексування структурно-текстурних характеристик зі спектральною інформацією і даними про геометричні форми об'єктів заданих класів.

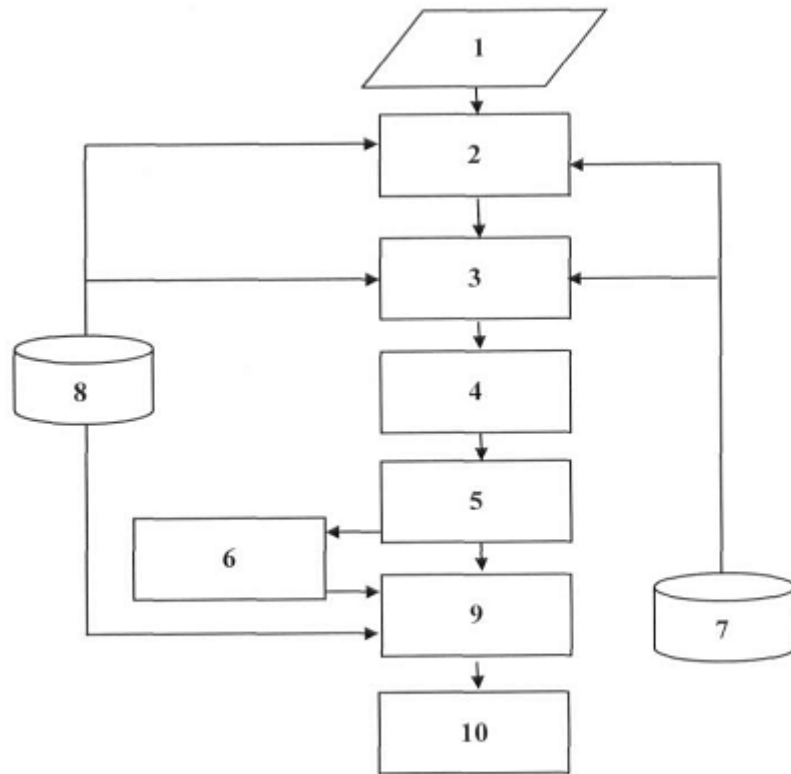


Fig. 1

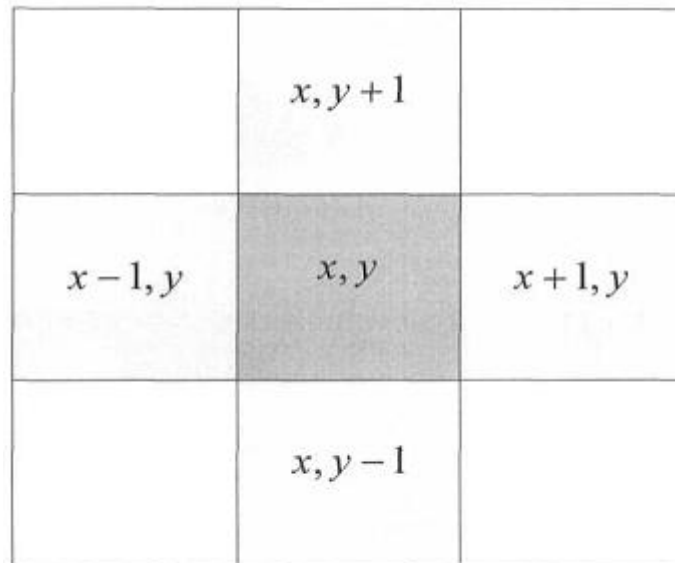


Fig. 2