

УДК 528.8:004

В.В. ГНАТУШЕНКО

Дніпропетровський національний університет ім. Олеса Гончара

О.О. КАВАЦ, Е.Б. ГАЛЬЧЕНКО

Національна металургійна академія України

Ю.В. КАВАЦ

Національна металургійна академія України, EOS Data Analytics Ukraine

## ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ РОЗПІЗНАВАННЯ БУДІВЕЛЬ НА БАГАТОКАНАЛЬНИХ ФОТОГРАММЕТРИЧНИХ ЗОБРАЖЕННЯХ ВИСОКОЇ ПРОСТОРОВОЇ ЗДАТНОСТІ НА ОСНОВІ МОРФОЛОГІЧНИХ ІНДЕКСІВ

*В роботі запропоновано інформаційну технологію розпізнавання будівель на багатоканальних фотограмметричних зображеннях високої просторової здатності на основі морфологічних індексів. Автоматизована технологія включає різні методи обробки зображення на різних стадіях і визначає необхідність паншарпенінга даних перед процедурою розпізнавання об'єктів. Результати досліджень свідчать про те, що застосування інформаційної технології підвищує якість розпізнавання будівель в порівнянні з класичними методами, ефективно визначаючи границі та контури будівель складної форми.*

*Ключові слова: багатоканальні фотограмметричні зображення, тематична обробка, просторова здатність, інформаційна технологія розпізнавання, морфологічний індекс.*

В.В. ГНАТУШЕНКО

Днепропетровский национальный университет им. Олеса Гончара

А.А. КАВАЦ, Э.Б. ГАЛЬЧЕНКО

Национальная металлургическая академия Украины

Ю.В. КАВАЦ

Национальная металлургическая академия Украины, EOS Data Analytics Ukraine

## ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ РОЗПІЗНАВАННЯ ЗДАНИЙ НА МНОГОКАНАЛЬНИХ ФОТОГРАММЕТРИЧНИХ ІЗОБРАЖЕННЯХ ВИСОКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ НА ОСНОВЕ МОРФОЛОГІЧЕСКИХ ІНДЕКСОВ

*В работе предложена информационная технология распознавания строений на многоканальных фотограмметрических изображениях высокого пространственного разрешения на основе морфологических индексов. Автоматизированная технология включает различные методы обработки изображения на различных стадиях и подчеркивает необходимость паншарпенинга данных перед процедурой распознавания объектов. Результаты исследований свидетельствуют о том, что применение информационной технологии повышает качество распознавания зданий по сравнению с классическими методами, эффективно определяя границы и контуры зданий сложной формы.*

*Ключевые слова: многоканальные фотограмметрические изображения, тематическая обработка, пространственное разрешение, информационная технология распознавания, морфологический индекс.*

V. HNATUSHENKO

O. Honchar Dnepropetrovsk National University

O. KAVATS, E. GALCHENKO

National Metallurgical Academy of Ukraine

Y. KAVATS

National Metallurgical Academy of Ukraine, EOS Data Analytics Ukraine

## INFORMATION TECHNOLOGY OF BUILDINGS RECOGNITION ON MULTICHANNEL PHOTOGRAMMETRIC HIGH SPATIAL RESOLUTION IMAGES BASED ON MORPHOLOGICAL INDICES

*The paper presents the information technology of building recognition on multichannel photogrammetric images of high spatial resolution on the basis of morphological indices. Automated technology includes various methods of image processing in different stages and emphasizes the need to data pansharpening before object recognition procedure. The research results indicate that the use of information technology improves the quality of buildings recognition than classical methods, effectively defining the boundaries and contours of complex shape buildings.*

*Keywords: multichannel photogrammetric images, thematic processing, spatial resolution, information technology, recognition, morphological index.*

### Постановка проблеми

Стрімкий розвиток інформаційних технологій призвів до використання супутникових зображень високої та надвисокої роздільної здатності у багатьох галузях людської діяльності. Сучасні супутникові багатоканальні фотограмметричні знімки є джерелом отримання різноманітної інформації. Наприклад, за таким видом зображень можна проводити:

- оперативний моніторинг дислокації військової техніки;
- моніторинг будівництва та реконструкції об'єктів;
- планування і контроль розвитку інфраструктури;
- виявлення вирубок ліса;
- моніторинг стану водосховищ;
- моніторинг транспортної мережі міста та вирішувати багато інших задач.

Серед безлічі різних задач, які вирішуються за допомогою обробки даних дистанційного зондування особливе місце займає задача оперативного моніторингу. Цей клас задач потребує визначення змін на різночасових сценах зображень високої роздільної здатності за короткий термін. Для застосування в будь-якій з областей аерокосмічних зображень з них повинна бути вилучена необхідна інформація. Одним з найбільш складних і дорогих з точки зору витрат часу є процес розпізнавання і локалізації різних об'єктів або характерних рис місцевості природного і штучного походження, таких, як русла річок, берегові лінії, будівлі, дороги і т.п. Через великих витрат на обробку даних, автоматизація цього процесу набуває актуального значення. Розвиток галузі дистанційного зондування Землі обумовлений не тільки постійно зростаючою кількістю супутникових систем, але і поліпшенням технічних характеристик. На сьогоднішній день супутник WorldView-3 дозволяє отримувати знімки надвисокої просторової здатності. У багатоканальному режимі роздільна здатність системи складає 1,2 м, а в ближньому ІЧ - 3,7 м. Слід зазначити, що сучасні системи дистанційного зондування Землі фіксують одночасно панхроматичні зображення і багатоспектральні дані, які у порівнянні з панхроматичними мають більш низьку просторову здатність. Наслідком таких модифікацій технічних характеристик супутникових систем є зростання обсягу даних як кількісно, так і на одиницю зберігання, що стає на заваді ручного розпізнавання штучних об'єктів. Для ручної локалізації штучні об'єкти (зокрема, будівлі) досить складні і вимагають значної кількості точок для опису. У зв'язку з цим широко затребувані автоматичні і напівавтоматичні способи розпізнавання штучних об'єктів, які потребують участі оператора тільки для контролю процесу розпізнавання об'єктів тематичного шару.

### Аналіз останніх досліджень

У роботі [1] проведено аналіз ефективності сучасних методів класифікації цифрових багатоканальних супутникових зображень високої просторової здатності. Традиційно, для розпізнавання фотограмметричних зображень використовують класифікацію з навчанням (контрольована класифікація) або класифікацію без навчання (неконтрольована класифікація). Методи неконтрольованої класифікації мають певні недоліки, зокрема, спектральні властивості отриманих класів змінюються з часом, тому зв'язок між інформацією та спектральними класами не постійний і визначається лише знімком, що ускладнює процес дешифрування різночасових зображень. З іншого боку, будь-яка класифікація з навчанням є більш трудомісткою, а її точність залежить від якості та кількості вибраних навчальних областей. Результати неконтрольованої класифікації виявилися незадовільними, тому було зроблено висновок, що неконтрольовану класифікацію краще використовувати для визначення класів об'єктів або як попередній етап перед контрольованою класифікацією. Класифікація способом спектрального кута добре ідентифікує водні об'єкти, але присутні похибки визначення лісових масивів та рослинності, погано розпізнані дороги та будівлі. При класифікації методом паралелепіпедів досить добре виділяються водні об'єкти, хоча їх кордони часто розмиті; трав'яниста рослинність також іноді розпізнається як об'єкти класу «будівлі». Результат класифікації за мінімальною відстанню виявився кращим за попередні, але погано були класифіковані будівлі зі складними архітектурними формами та дороги, межі класифікованих об'єктів не збігаються з реальними границями об'єктів. При використанні методу класифікації за правилом максимальної правдоподібності складно дешифруються водойми та об'єкти забудови, особливо на міських територіях, де багато висотних споруд. Більшість пропонованих рішень засновані на геометричних і яскравісних перетвореннях цифрових знімків, до яких відносяться методи побудови контурів зображення, градієнтні методи і методи кластеризації, що застосовуються для сегментації супутникових зображень на тематичні однорідні області, які характеризуються недостатньою точністю і високими затратами часу на обробку багатоканальних даних.

### Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Незважаючи на велику наявність різних систем автоматизованого дешифрування і векторизації картографічних зображень, коло вирішуваних ними завдань вельми обмежено. Процес виділення будівель слабо автоматизований і вимагає комплексного вирішення задачі розпізнавання, оскільки геометричні та характеристики яскравості об'єктів забудови можуть відрізнятися в межах одного зображення, а об'єкти розпізнавання можуть бути перекриті на знімках іншими об'єктами, такими як рослинність, будівлі, транспортні засоби. Виникає необхідність у розробці інформаційної технології розпізнавання будівель на

багатоканальних аерокосмічних зображеннях високої просторової здатності, використання якої забезпечувало кращі результати (підвищення точності розпізнавання).

**Основна частина**

Проведені дослідження, описані у роботах авторів [2, 3], довели необхідність застосування на первинному етапі етапу підвищення інформативності багатоканального зображення. Основою інформаційної технології розпізнавання будівель є побудова відносин між спектральними характеристиками будівель (наприклад, яскравість або контраст) і фізичними характеристиками (наприклад, висота або спрямованість), які можна описати наступними параметрами:

- Яскравість каналу є найбільш значущою.
- Локальний контраст - відносно висока відбивна здатність покрівель будівель і тіней призводить до високої локальної відмінності будівель.
- Розмір - будинки в зображеннях з високою просторовою здатністю показують складні просторові моделі з різними характеристиками.
- Спрямованість. Складним завданням при визначенні морфологічного індексу є завдання автоматичної фільтрації доріг, які мають дуже схожий спектральний коефіцієнт відбиття як і будівлі. Дороги завжди витягнуті в одному або в декількох напрямках, на відміну від будівель.

Морфологічний індекс будівель (МВІ) розраховується за наступним виразом:

- 1) Пошук максимального значення каналів кожного пікселя [4,5]:

$$b(i) = \max_{1 \leq k \leq K} (band_k(i)), \tag{1}$$

де  $k$  - спектральні канали;  $i$  - піксель зображення.

- 2) Диференціальний морфологічний профіль (*DMP*) трансформації (Тор-Нат) дахів. Спектральні характеристики будівель використовують *DMP* - перетворення дахів, (ТН-*DMP*) визначається наступним виразом:

$$TH - DMP(d, s) = |TH_b(d, s) - TH_b(d, s - \Delta s)|, \tag{2}$$

де

$$TH_b(d, s) = b - \gamma_b^{re}(d, s), \tag{3}$$

де  $\gamma_b^{re}$  - є результатом морфологічних операцій відкриття з реконструкцією над зображенням  $b$ ,  $s(s_{min} \leq s \leq s_{max})$  і  $d$  вказує на розмір і напрямок лінійного (SE) структурного елемента.

- 3) Безпосередньо розрахунок морфологічного індексу відбувається за наступним виразом:

$$MBI = \frac{\sum_d \sum_s TH - DMP(d, s)}{D \times S}, \tag{4}$$

де  $D$  і  $S$  - значення напрямку і величина, відповідно. Найбільш поширені 4 напрямки ( $45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$  і  $180^\circ$ ). Значення параметрів визначаються відповідно до розмірів будівель і просторового розділення *MBI* заснованого на тому факті, що будівельні конструкції мають великі значення і напрямки від більшості варіантів, в основному через локальний контраст і ізотропність. Як наслідок, структури з великими значеннями *MBI* швидше за все будуть будівлями. Тим самим їх можна відфільтрувати від інших елементів.

Для програмної реалізації запропонованої інформаційної технології було прийнято рішення про використання мови C++ з бібліотекою OpenCV версії 3.1.0. Тестування алгоритму проводилося на багатоканальному супутниковому зображенні WorldView-3. Результат роботи інформаційної технології наведено на рисунку 1.



а)



б)

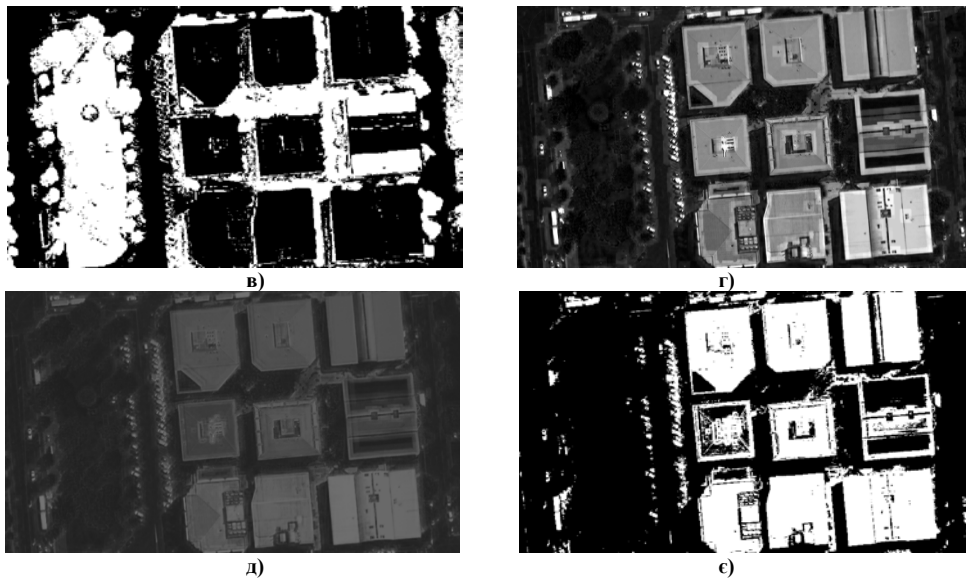


Рис. 1. Фрагмент супутникового зображення:

а) багатоканальне зображення з підвищеною інформативністю; б) зображення з визначеними максимальними значеннями пікселів; в) маска визначення вегетації та тіней; г) зображення з визначеним показником диференціального морфологічного профілю трансформації дахів; д) зображення з визначеним МВІ; е) зображення після застосування маски морфологічного визначення дахів будівель

#### Висновки та перспективи подальших досліджень

У роботі запропоновано інформаційну технологію розпізнавання будівель на багатоканальних фотограмметричних зображеннях високої просторової здатності на основі морфологічних індексів. Проведені дослідження показали, що застосування інформаційної технології розпізнавання будівель на основі морфологічних індексів призводить до чіткого визначення дахів будівель у порівнянні з класичними алгоритмами класифікації. Наші подальші дослідження будуть присвячені вдосконаленню розробленої інформаційної технології.

#### Список використаної літератури:

1. Гнатушенко В.В. Умови та обмеження методів інтелектуальної обробки космічних зображень для подальшого 3D моделювання /В.В. Гнатушенко, О.О. Кавац, Ю.О. Кібукевич // Науково-теоретичний журнал «Штучний інтелект» 2015. - м.Київ, 2015р. - Вип. '1-2(67-68). - С.54-63.
2. Hnatushenko V.V. Efficiency Determination of Scanner Data Fusion Methods of Space Multispectral Images / V.V. Hnatushenko, O. O. Kavats, Y. O. Kibukevych // International Young Scientists Forum on Applied Physics «YSF-2015». Dnipropetrovsk, Ukraine, September 29 - October 2, 2015 / IEEE Catalog Number: CFP15YSF-CDR. ISBN: 978-1-4673-6976-3 Doi: 10.1109/YSF.2015.7333153.
3. Hnatushenko V.V. Pansharping technology of high resolution multispectral and panchromatic satellite images / V.V. Hnatushenko, O. O. Kavats, Vik.V.Hnatushenko, V.Ju. Shevchenko // Scientific bulletin of National Mining University. - State Higher Educational Institution “National Mining University”, - Dnipropetrovsk, 2015. - № 4 (148). - С. 91-98.
4. Huang X. Building Change Detection From Multitemporal High-Resolution Remotely Sensed Images Based on a Morphological Building /Xin Huang, Liangpei Zhang, Tingting Zhu// IEEE journal of selected topics in applied earth observations and remote sensing. No 7(1):105-115. - January 2014. DOI: 10.1109/JSTARS.2013.2252423.
5. Huang X. A multidirectional and multiscale morphological index for automatic building extraction from multispectral GeoEye-1 imagery. Photogramm. Eng. Remote Sens // X. Huang, L. Zhang// Jul. 2011, - Vol. 77, No. 7, P. 721–732.
6. Huang X. Morphological building/shadow index for building extraction from high-resolution imagery over urban areas /X. Huang, L. Zhang// IEEE J. Sel. Topics Appl. Earth Obs. Remote Sens., - Feb. 2012, - Vol. 5, No. 1, P. 161–172.
7. Bovolo F. Analysis and adaptive estimation of the registration noise distribution in multitemporal VHR images /F. Bovolo, L. Bruzzone, S. Marchesi// IEEE Trans Geosci. Remote Sens., - , Aug. 2009. - Vol. 47, No. 8, P. 2658–2671.
8. Im J. Object-based change detection using correlation image analysis and image segmentation /J. Im, J. R. Jensen, J. A. Tullis // Int. J. Remote Sens., - Jan. 2008, - Vol. 29, No. 2, P. 399–423.