

УДК 004.932.72<sup>1</sup>

## **РОЗРАХУНОК ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗОБРАЖЕННЯ ДЛЯ ПОРІВНЯННЯ СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКІВ ВИСОКОЇ ПРОСТОРОВОЇ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ**

Гнатушенко В.В., д.т.н.,

Шедловська Я. І., аспірант<sup>\*</sup>

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (Україна)

*У роботі запропоновано алгоритм пошуку схожих ділянок супутникових зображень та метод опису супутникових зображень для їх порівняння. Запропонований метод опису базується на побудові гістограми розподілу класів. Для опису зображення було розраховано геометричні, статистичні, просторові, спектральні, текстурні властивості та застосовано розроблений нами алгоритм класифікації.*

*Ключові слова – супутникові знімки, класифікація, схожість зображень, метрики відстані, ідентифікація об'єктів зображення.*

**Постановка проблеми.** На сьогодні, обробка цифрових зображень широко застосовується для розв'язання задач у сфері інформаційних технологій, медицині, дистанційному зондуванні. У цій роботі методи цифрової обробки зображень застосовуються до супутникових знімків високої просторової роздільної здатності, з метою їх інтерпретації та подальшого аналізу. Щодня, супутники передають на Землю величезні обсяги цифрових багатоканальних даних. Супутник WorldView-2 має середній час проходження над однією точкою – 1,1 день, за цей час він здатен охопити до 1 мільйона квадратних кілометрів земної поверхні. Такі обсяги даних потребують методів швидкої обробки та своєчасного вилучення корисної інформації. Актуальними задачами обробки супутникових знімків є розпізнавання та класифікація об'єктів земної поверхні, аналіз змін, пошук схожих ділянок земної поверхні.

У роботі досліджено алгоритм пошуку ділянок земної поверхні, що містять схожі географічні об'єкти. Сучасні геоінформаційні системи впроваджують сервіси, які дозволяють користувачеві обрати зразок ділянки земної поверхні, та повертають зображення ділянок земної поверхні, що найбільш схожі з обраною. Цей програмний додаток дуже зручний, для роботи з великою кількістю супутникових зображень, що зберігаються у базах даних. Для цього супутникові

---

<sup>\*</sup> Научный руководитель – д.т.н., професор Гнатушенко В.В.

знімки, що зберігаються у базі даних, діляться на невеликі частини (тайли), потім можливо оцінити наскільки вони схожі між собою. Потрібно вирішити задачу схожості зображень. Для цього кожне зображення повинне бути представлене у зручній для порівняння формі, тобто, повинні бути розраховані властивості, які будуть описувати зображення та порівнюватися між собою. Для отримання правильного висновку про схожість зображень, розраховані властивості повинні відображувати контекстну інформацію про зміст зображення, тому що часто зображення одного предмету можуть мати різну яскравість чи колір. Щоб уникнути помилок ми запропонували використання різних типів властивостей.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Попередні дослідження різних авторів були присвячені розрахунку властивостей зображень, що найбільш зручні для їх опису та аналізу [1]. Властивості – кількісні та якісні величини, що несуть інформацію про зображення та предмети, які зображені на них. Властивості для опису зображення та їх кількість обираються виходячи з поставлених задач. У попередніх дослідженнях, які стосувались пошуку схожих зображень, використовувались такі методи опису зображень, як гістограми вершин, гістограми кольору [2], колір, форма, текстура [3].

**Формулювання цілей статті.** Мета роботи полягає в розробці ефективного методу опису супутникових зображень для їх порівняння.

**Основна частина.** У роботі досліджено різні типи властивостей для опису супутникових зображень. Ми запропонували спеціальний підхід до порівняння та розрахунку властивостей супутникових знімків. Наш метод опису зображення базується на розподіленні класів на супутникових знімках. У роботі було застосовано розроблений нами алгоритм класифікації супутникових зображень.

У роботі були використані знімки, отримані супутниками WorldView-2 та WorldView-3. Знімок складається з 8 мультиспектральних каналів, отриманих у спектральному діапазоні від 400 нм до 1100 нм та панхроматичного каналу, отриманого у спектральному діапазоні від 450 нм до 800 нм. Просторова роздільна здатність знімків досягає 0,31 м на піксель. Це найкраща роздільна здатність супутникових знімків на сьогодні.

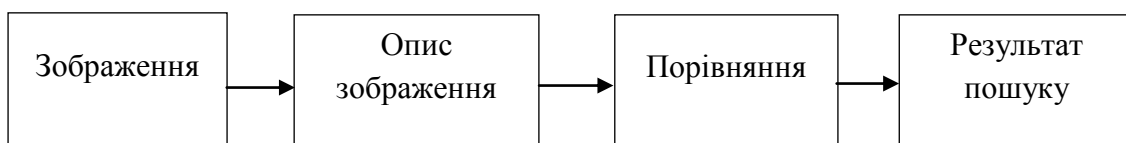


Рис. 1. Алгоритм пошуку схожих зображень

Для побудови гістограми класів зображення необхідно виконати класифікацію зображення, тому на етапі опису зображення ми застосовуємо алгоритм класифікації. Наш алгоритм класифікації супутникових знімків базується на об'єктно-орієнтованому підході. Розглянемо детальніше наш алгоритм класифікації (рис. 2):

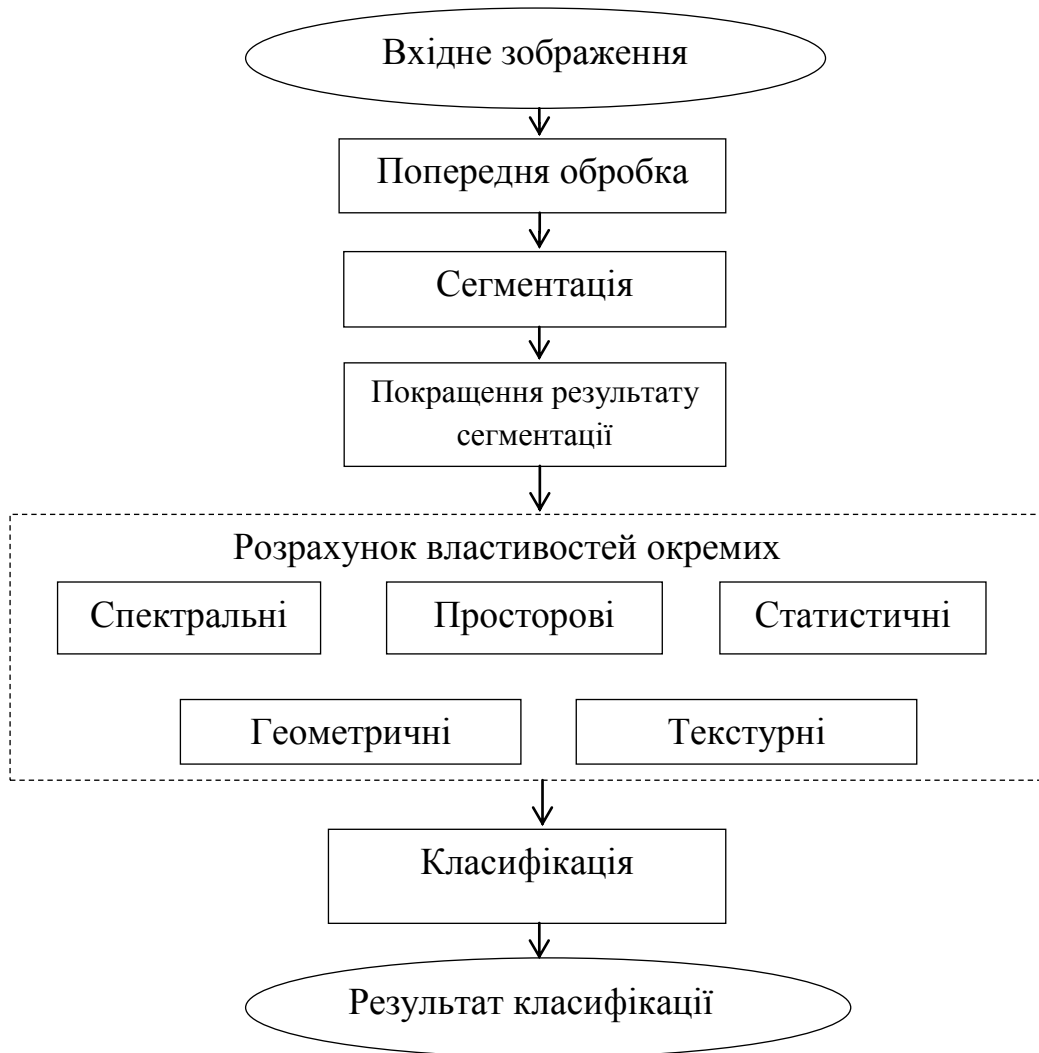


Рис. 2. Алгоритм класифікації

Супутникові знімки великого розміру було поділено на невеликі частини, що звуться тайлами. Таким чином, було отримано базу даних для тестування.

Для тестування алгоритму (Рис. 1), на етапі опису зображення кожне зображення з бази даних було представлене у вигляді гістограми розподілу класів. Для цього було розраховано геометричні, статистичні, спектральні, просторові та текстурні властивості зображень. Було виконано класифікацію зображень та побудовано гістограму розподілу класів.

1. Попередня обробка вхідних даних. На цьому етапі якість вхідного зображення покращується за допомогою методів

гістограмної корекції. Просторова роздільна здатність мультиспектральних каналів супутникового знімка покращується за допомогою злиття з панхроматичним каналом [4].

2. Сегментація зображення. Сегментація зображення є ключовим етапом об'єктно-орієнтованої класифікації. На цьому етапі зображення розбивається на сегменти, тобто, отримуються об'єкти для аналізу. У нашій роботі для сегментації було використано алгоритм зсуву середнього [5].

3. Покращення результатів сегментації. Після сегментації виникає велика кількість малих сегментів, що мають розмір у декілька пікселів. Вони можуть виникати через наявність шумів у зображенні. На цьому етапі виконується злиття малих сегментів з сусідніми сегментами, що мають схожі спектральні характеристики (рис. 3).



Рис. 3. а) – вхідне зображення; б) - результат сегментації;  
в) – результат покращення сегментації

4. Розрахунок властивостей сегментів зображення. Для подальшої класифікації та опису зображення необхідно розрахувати властивості зображення. У нашій роботі було розраховано властивості окремих сегментів. Супутникові знімки, на відміну від звичайних фотографій, містять обмежену кількість класів. Ми виділили декілька класів, які найчастіше зустрічаються на супутникових знімках: будинки, дерева, дороги, трава, ґрунт, вода, тіні. Такі типи поверхонь як рослинність, вода, та тіні можуть бути точно ідентифіковані, завдяки наявності у супутникових знімках каналів ближньої інфрачервоної ділянки спектру та спектральним індексам [6,7].

Властивості, розраховані в роботі можна поділити на наступні групи:

- геометричні властивості: площа сегменту, довжина границі сегменту, відношення довжини границі до площі, прямокутність сегменту;
- просторові властивості: наявність спільної границі сегментів, довжина спільної границі;

- статистичні властивості: середнє значення яскравості сегменту у різних каналах;
- спектральні властивості: вегетаційний індекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), індекс ідентифікації тіні NSVDI (normalized saturation-value difference index), тон, насиченість та яскравість у кольоровому просторі HSV (hue, saturation, value) [6,7];
- текстурні властивості: градієнт границь сегментів, кореляція, ентропія.

5. У якості алгоритму класифікації застосовувалась контрольована класифікація та множина логічних правил. Сегменти, що не належали до однозначно ідентифікованих класів (рослинність, вода, тіні) було класифіковано методом контрольованої класифікації, далі до них застосовувалась множина правил.

Для кожного сегменту з бази даних, за результатами класифікації (рис. 4) було побудовано гістограму розподілу класів (рис.5).

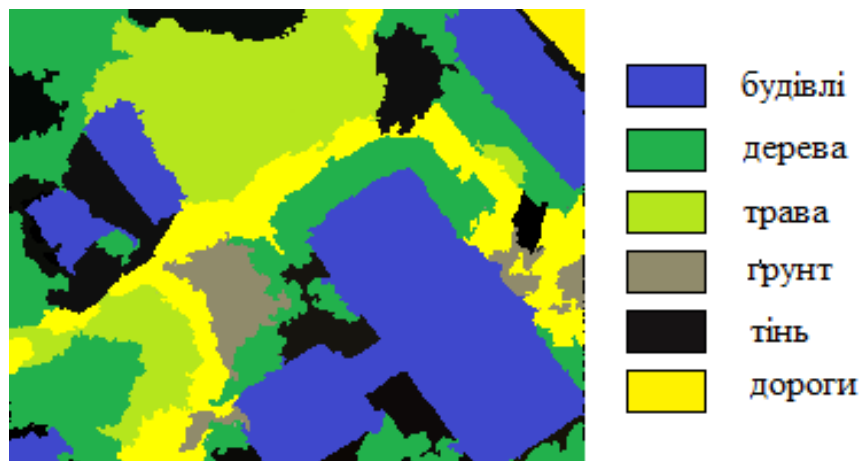


Рис. 4. Результат класифікації

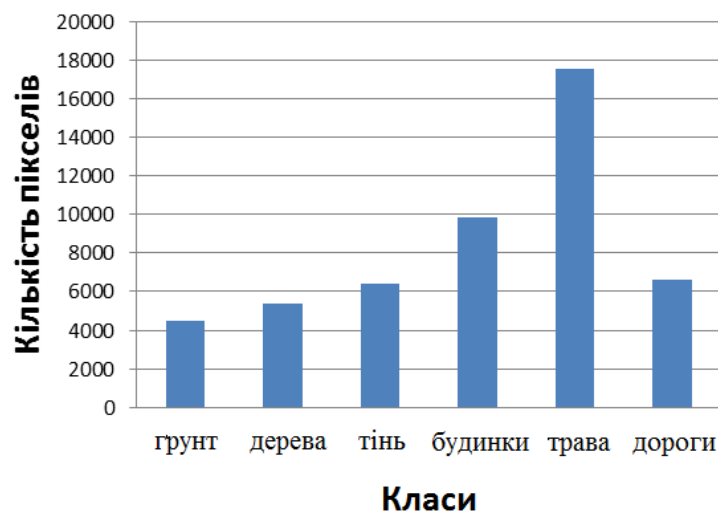


Рис. 5. Гістограма розподілу класів

Для порівняння зображень було обрано 3 загально відомих метрики схожості гістограм:

1. Перетин гістограм:

$$d(H_1, H_2) = \sum_i \min(H_1(i), H_2(i)), \quad (1)$$

повертає значення  $d \in [0, 1]$ , схожість гістограм збільшується з  $d$ .

2. Метрика Хі-квадрат:

$$d(H_1, H_2) = \sum_i \frac{(H_1(i) - H_2(i))^2}{H_1(i)} \quad (2)$$

повертає значення  $d \in [0, \infty)$ , схожість гістограм зменшується з  $d$ .

3. Відстань Бхатачарі:

$$d(H_1, H_2) = \sqrt{1 - \frac{\sum_i \sqrt{H_1(i) \cdot H_2(i)}}{\sqrt{\sum_j H_1(j) \cdot \sum_k H_2(k)}}} \quad (3)$$

повертає значення  $d \in [0, 1]$ , схожість гістограм зменшується з  $d$ .

За вхідне зображення бралось одне зображення з тестової бази даних. Далі розраховувалась відстань між гістограмою вхідного зображення та гістограмами зображень з бази. Зображення, що мають найбільшу схожість згідно з використаними метриками виводились як результат пошуку. На рис. 6 показані результати пошуку за деякими тестовими зображеннями.

**Висновки.** У роботі було розглянуто різні категорії властивостей супутникових зображень. Геометричні, статистичні, просторові, спектральні та текстурні властивості було обрано для класифікації та подальшого опису зображень. Було розроблено спеціальний алгоритм класифікації супутникових знімків, що дозволяє врахувати властивості різних типів поверхонь та географічних об'єктів. Для опису зображень було побудовано гістограму розподілу класів, яка представляє контекстну інформацію про зображення.

Запропонований алгоритм опису та порівняння знімків було протестовано на базі даних що складалася з 500 зображень (тайлів). Експериментальні результати показали значну візуальну схожість отриманих у результаті пошуку зображень. У майбутніх дослідженнях будуть розглянуті нові властивості, які дозволять більш якісно описати зображення та покращити результати пошуку.



Рис. 6. Результат пошуку схожих зображень

### *Література*

1. Makarov A.O. Algorithms of feature fast calculation on digital images / A.O. Makarov, V.V. Starovoitov // Preprint of the United Institute of Informatics Problems of the National Academy of Sciences of Belarus. – Minsk, 2005. – 39 pp. (in Russian)
2. Chechik G. Large Scale Online Learning of Image Similarity Through Ranking / V. Sharma, U. Shalit, S. Bengio // Journal of Machine Learning Research. – 2010. – Vol. 11. – pp.1109-1135.
3. Alsmadi M.K. An efficient similarity measure for content based image retrieval using memetic algorithm / M.K. Alsmadi // Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences. – 2017. – Vol. 4. – pp.112-122.
4. Hnatushenko V.V. Pansharpening technology of high-resolution multispectral and panchromatic satellite images / V.V. Hnatushenko,



- Vik.V. Hnatushenko, O.O. Kavats, V.Yu. Shevchenko // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. – 2015. – No. 4. – pp.91–98.
5. Comaniciu D. Mean Shift: A robust approach toward feature space analysis / D. Comaniciu, P. Meer // IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence. – 2002. – Vol. 24. – No. 5. – pp.603–619.
  6. Cao Z. A new three-band spectral index for mitigating the saturation in the estimation of leaf area index in wheat / Z. Cao et al // International Journal of Remote Sensing. – 2017. – Vol. 38. – No. 13. – pp.3865–3885.
  7. Shedlovska Y.I. Shadow detection and removal using a shadow formation model / Y.I. Shedlovska, V.V. Hnatushenko // Proceedings of the 2016 IEEE 1st International Conference on Data Stream Mining and Processing (2016, August, 23–27). – Lviv, Ukraine. – pp.187–190.

## **РАСЧЕТ СВОЙСТВ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ СРАВНЕНИЯ СПУТНИКОВЫХ СНИМКОВ ВЫСОКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ**

Гнатушенко В.В., Шедловская Я.И.

*В работе предложен алгоритм поиска похожих участков на спутниковых снимках и метод описания снимков для их сравнения. Метод описания основан на построении гистограммы распределения классов на изображении. Для этого были рассчитаны геометрические, пространственные, спектральные, статистические, текстурные характеристики изображений, также, был применен разработанный нами алгоритм классификации.*

*Ключевые слова: спутниковые снимки, классификация, похожесть изображений, метрики расстояния, идентификация объектов.*

## **IMAGE FEATURES CALCULATION FOR HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGERY COMPARISON**

Hnatushenko V., Shedlovska Y.

*The algorithm of the search of similar areas on the earth surface and the method of satellite imagery description for comparison of satellite images are proposed in this work. We developed an image description method which is based on the distribution of image object classes. For image description the geometric, statistic, texture, spectral, spatial features were calculated and our satellite imagery classification algorithm was used.*

*Key words: classification, satellite imagery, image similarity, distance metrics, image features, description.*