УДК 528.9

АНАЛІЗ ФОТОЗОБРАЖЕНЬ У СЕРЕДОВИЩІ ГЕОМЕТРИЧНОГО ОПИСУ ОБ'ЄКТІВ ТА ЇХНІХ ФОРМ (GTB)

Наталія Касянюк
Львівський національний університет імені Івана Франка, Львів, Україна

Проаналізовані окремі програмні можливості пакета з відкритим кодом *The Graphical User Interface for the Description of Objects and their Shapes Toolbox*. Гнучкий інструментарій програми дозволяє досліджувати фотозображення, зокрема космознімки, у цифровій інтерпретанції з інформацією та статистичними даними для просторового аналізу. Зокрема, продемонстований алгоритм аналізу морфологічного просторового шаблону (MSPA). Отримані результати дають можливість створювати серії зображень для навчання нейронних мереж.

Ключові слова: просторовий аналіз, аналіз зображень,бінарний формат, морфологічна фільтрація, MSPA.

ANALYSIS OF PHOTOGRAPHS IN THE GRAPHICAL USER INTERFACE FOR THE DESCRIPTION OF OBJECTS AND THEIR SHAPES TOOLBOX (GTB)

Nataliya Kasyanyuk
Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine

The certain software features of the free package *The Graphical User Interface for the Description of Objects and their Shapes Toolbox* is analyzed. The flexible tools of the program allow you to explore photo images, including satellite images, in digital interpretation with information and statistics for spatial analysis. In particular, the algorithm of morphological spatial pattern analysis (MSPA) is demonstrated.The obtained resultsmake it possible to create a series of images for training neural networks.

Keywords: spatial analysis, image analysis, binary format, morphological filtering, MSPA.

The Graphical User Interface for the Description of Objects and their Shapes Toolbox (GuidosToolbox) забезпечує зручний доступ до різних процедур спеціального морфологічного просторового аналізу [1].

Цей програмний пакет включає дослідницькі продукти, розроблені в рамках Угоди про спільні дослідження між Міністерством сільського господарства Сполучених Штатів Америки, Лісової служби США (Угода про лісову службу № 14-МУ-11330110-001) і Спільного дослідницького центру Європейського Комісія (Угода про спільне дослідження № JRC 33385) [6].

Метою GuidosToolbox (GTB) є надання зручного для користувача інтерфейсу до визначених геометричних інструментів (морфологічна фільтрація, сегментація, розмежування), що дозволяє отримати кількісні показники та визначити класи морфометричних ознак фотографічних зображень. Ключова ідея розробки програмного забезпечення GuidosToolbox полягає в універсальності його застосування [5].

Використання GTB раціонально використовує ресурси часу та машинної пам'яті для опрацювання будь-якого типу растрових даних різної просторової роздільної здатності.

Ціллю мого вишукування є дослідити можливості інструментів GuidosToolbox для аналізу аерокосмічних зображень.

Розробники GTB використовують геометричні показники для розпізнавання зображення, оминаючи алгоритми та складні математичні розрахунки. Аналіз досвіду досліджень, присвячених цій царині, дозволив виявити деякі алгоритми побудови математичних моделей обробки зображень.

Для аналізувибрано багатоканальний космознімок Sentinel-2 L2A, 21.03.2025(околиці с. Полтва), згенерованого по каналах B04-B03-B02. На рис. 1 наведено вхідне зображення з інформацією про фотознімок.

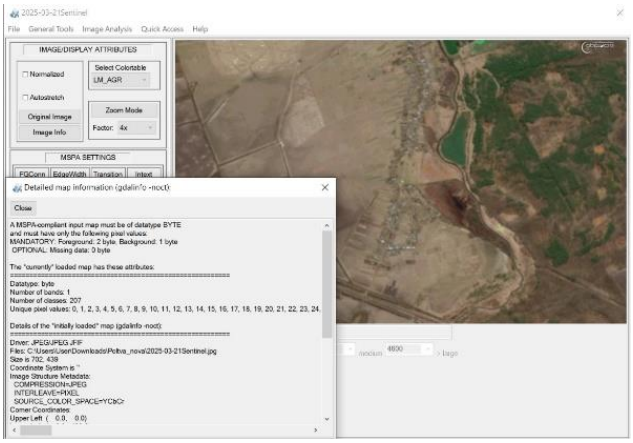

Рис. 1. Вхідне зображення

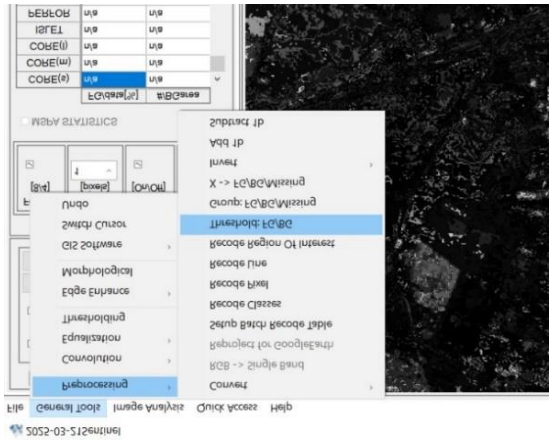

Рис. 2. Вибір інструмента Порогове значення

Послідовність виконання така (рис. 2):

Крок 1. На основі [3] проведено оптимізацію вхідного зображення. Для цього використано алгоритм згортки, який обчислює нове значення обраного пікселя з врахуванням значень навколишніх пікселів. У результаті отримане нове модифіковане відфільтроване зображення. Зазначимо, що при виконанні згортки значення кожного пікселя у вихідному зображенні рівне сумі добутків значень матриці згортки й відповідних пікселів вхідного зображення.

Крок 2. На початку аналізу фотознімка слід показати його у бінарному форматі.

Далі використано метод встановлення порогового значення, який передбачає сегментацію зображення на основі пікселів (рис. 3). Це найпростіший метод, заснований на варіації інтенсивності між пікселями об’єкта та пікселями фону. Тому його часто використовують для виділення областей зображення, що відповідають об’єктам інтересу. Щоб відрізнити пікселі, розташовані в такій області, від решти, виконується порівняння для кожного значення інтенсивності пікселя відносно порогу щільності пікселів.

Цей метод найбільш ефективний для зображень із високим рівнем контрасту. Однак ключем цього методу є вибір відповідного порогового значення. У результаті пікселі поділяються на два класи, які зазвичай називаються «передній план» і «тло». Пікселі зі значеннями, меншими за порогове, поміщаються в один клас (тло), а решта – передній план. Тому цей метод часто використовується для перетворення зображення в градаціях сірого у бінарне зображення [2].

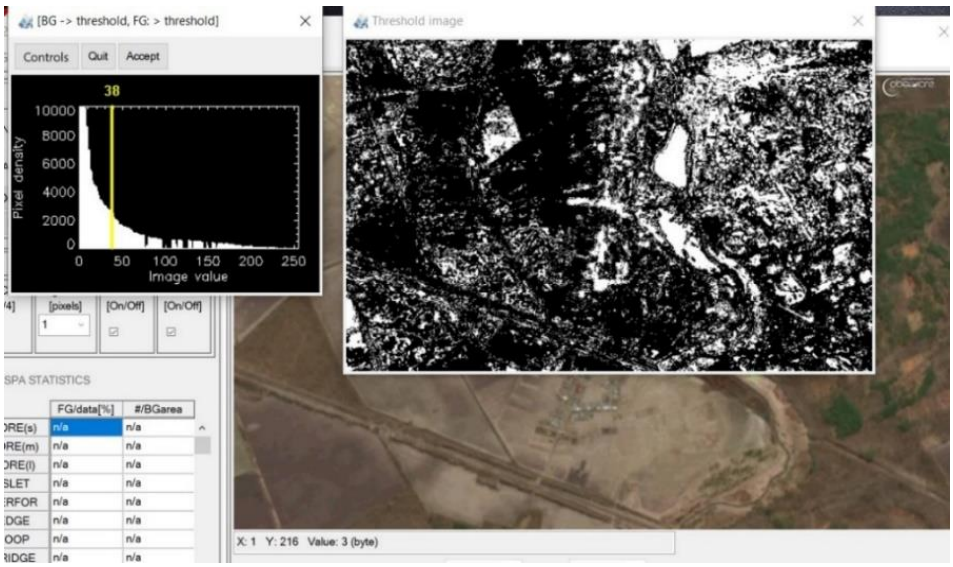

Рис. 3. Встановлення порогового значення

Отримала бінарне зображення для подальшого опрацювання як показано на рис. 4.

Рис. 4. Бінарне зображення для подальшого аналізу

Крок 3. Далі до бінарних зображень використано морфологічні фільтри. Типовим застосуванням цих фільтрів є уточнення результатів сегментації:

- операції відкриття (Open): видалили дрібні/тонкі об’єкти, розмір яких менший за розмір структурного елемента, отримали плавну межу об'єкта (див. рис. 4);
- операції закриття (Close): заповнили невеликі отвори, що менші від розміру структурного елемента, можна з'єднати прозори.

Віднімання зображення з використанням еродованих/розширених зображень дозволяє ідентифікувати межі об’єктів і належить до морфологічних градієнтів [6].

Крок 4. Морфологічний аналіз космознімка провела за допомогою інструментарію для аналізу зображень Image Analisys. Отримала модель просторових образів (MSPA, Morphological Spatial Pattern Analysis) як спеціальну послідовність математичних морфологічних операторів, спрямованих на опис геометрії та зв'язності компонентів зображення. Усі схеми морфологічного аналізу виконують сегментацію пікселів вхідного зображення. Результатом є взаємовиключні класи шаблонів, які при об’єднанні точно відповідають початковій двійковій масці [4, 6].

MSPA аналіз космознімка Sentinel-2 L2A, 21.03.2025 (околиці с. Полтва), згенерованого по каналах B04-B03-B02, наведений на рис. 5. Маємо:

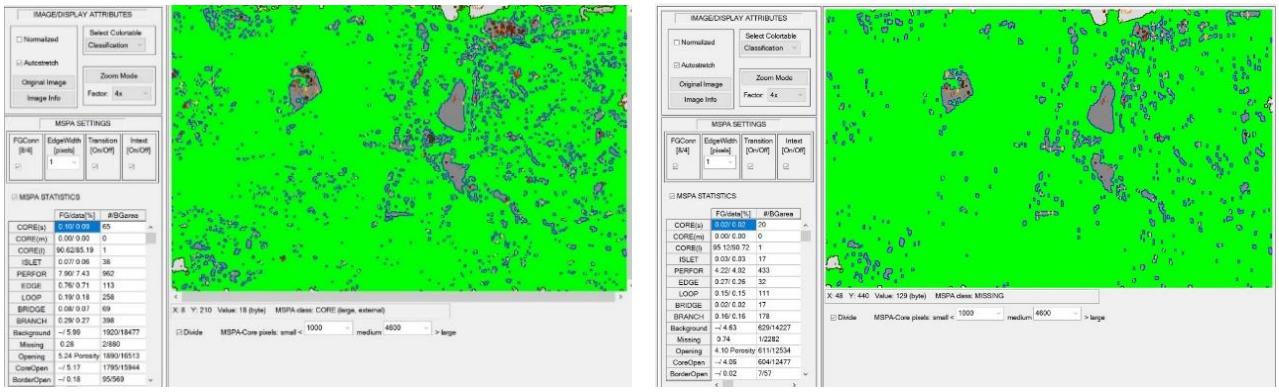

Рис. 5. MSPA аналіз вхідного фотознімка: зліва – з використанням фільтра Dilate, справа – з послідовним використанням фільтра Dilate та операції Close

1. Візуальний результат: зображення у форматі (GeoTiff), що має таке саме покриття, як і вхідна карта, і показує різні класи структури об'єкта дослідження, класи фону та відсутність даних (якщо такі є).

2. Числовий результат: залежно від обраних налаштувань MSPA до 23 унікальних класів, що описують структуру переднього плану, зв'язність та площу.

3. Статистичний підсумок: індекси та пропорції для різних класів MSPA [4, 5].

GTB – це програма з відкритим кодом, яка дозволяє створити бібліотеки зображень для подальшого машинного навчання нейронних мереж.

GuidosToolbox є цікавим інструментом як самостійна програма, так і як доповнення до пакету ГІС користувача. GTB має універсальні схеми аналізу, що стануть у нагоді при моделюванні як навколишнього середовища, так і в будь-якій іншій сфері, депотрібен аналіз цифрових зображень [4].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. GuidosToolbox [Електронний ресурс]. URL: https://forest.jrc.ec.europa.eu/en/activities/lpa/gtb/
2. Jianjun Chen, Haijian Shao, Chunlong Hu. Image Segmentation Based on Mathematical Morphological Operator. *Colorimetry and Image Processing.* 2017. DOI: https://doi.org/10.5772/intechopen.72603
3. Ludwig J. Image Convolution. Portland State University. URL: http://web.pdx.edu/~jduh/courses/Archive/geog481w07/Students/Ludwig_ImageConvolution.pdf
4. Vogt P., Ritters K. GuidosToolbox: universal digital image object analysis. *European Journal of Remote Sensing*. 2017. Vol. 50. № 1. P. 352–361. DOI: https://doi.org/10.1080/22797254.2017.1330650
5. Soille P., Vogt P. Morphological spatial pattern analysis:opensource release. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* XLVIII-4-W1-2022. P. 427–433. DOI: https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-W1-2022-427-2022
6. User Guide of GuidosToolbox (GTB). Release 3.3. Revision 4. September 2024 / P. Vogt, European Commission, Joint Research Centre (JRC), Ispra (VA), Italy.

* * *