

DOI: 10.34185/1991-7848.itmm.2023.01.080

**ДОСЛІДЖЕННЯ СУПУТНИКОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ УКРАЇНИ ДО ТА ПІСЛЯ
МАСОВАНИХ АТАК НА ЕНЕРГЕТИЧНУ ІНФРАСТРУКТУРУ
ФРАКТАЛЬНИМИ МЕТОДАМИ**

Журба А.О.

Український державний університет науки і технологій, Україна

Вступ. Як свідчить світовий досвід, дані дистанційного зондування Землі все частіше використовують для рішення різноманітних завдань. Широке застосування даних ДЗ обумовлено перш за все оперативністю та наочністю під час обробки даних, що отримуються з великих територій. Космічні знімки з супутників в сучасному житті мають високу просторову роздільну здатність, що дає дослідникам та користувачам задовільні початкові дані для вирішування завдань різного типу.

Перспективним напрямком підвищення інформативності космічних знімків є застосування методів фрактального аналізу зображень. Складність форм підстильної поверхні та рослинності може бути описана за допомогою фрактальної розмірності. Характерні величини фрактальної розмірності дозволяють здійснювати дешифрування космічних зображень.

Метою дослідження є розробка програмного модулю MATLAB, який буде аналізувати супутникові зображення території України в різні проміжки часу і досліджувати обчислені їх фрактальні характеристики. За отриманими даними буде проведено аналіз та зроблено висновки. В ході дослідження необхідно визначити чинники, які впливають на значення фрактальних характеристик.

Основна частина. В ході дослідження було розроблено програмний модуль у системі MATLAB для бінаризації зображень та обчислення фрактальних характеристик супутникових зображень – SatellireFractal. Програмний модуль SatellireFractal дозволяє дослідити супутникові зображення та визначити фрактальні характеристики, а саме фрактальну розмірність та дозволяє проаналізувати зображення на базі отриманих результатів. Для точності проведення дослідів були обрані супутникові зображення однакового формату та розмірності.

Для визначення локальних розмірностей використовується метод ковзаючого вікна, який полягає у визначенні фрактальної розмірності в межах вікна, розмір якого можна задавати довільно. Вікно попільсьельно переміщується по зображенню. При цьому на кожному кроці обчислюється фрактальна розмірність зображення, що потрапило у ковзаюче вікно. Після отримання

локальних фрактальних розмірностей проводиться побудова їх емпіричного розподілу ймовірностей $W(D)/W_{\max}(D)$ - фрактальне розподілення, яке дозволяє виділити різні групи фрактальних об'єктів [1]. Для побудови фрактальних розподілень у роботі використовувався програмний засіб AnalysisFS.

Також проводилася фрактальна сегментація зображень. Фрактальна сегментація зображення – це процес розділення цифрового зображення на сегменти, які мають однакові або близькі значення фрактальної розмірності. Таким чином, фрактальна сегментація дозволяє виділити на зображенні об'єкти, що мають однакові фрактальні властивості. Вона дає чітке уявлення про фрагменти зображення з однаковими фрактальними властивостями. Щоб мати можливість розрізняти фрактальну розмірність сегментів фрактальна сегментація проводилася за допомогою спектру кольорів RGB [2]. Для побудови фрактальної сегментації у роботі також використовувався програмний засіб AnalysisFS.

Для дослідження було обрано супутникові зображення України, а саме її нічні зображення (рисунок 1). Після масованих ударів по енергетичній інфраструктурі, зображення країни із космосу дуже змінились. Бачимо, що фрактальна розмірність зображення України до масованих ударів більша ніж після.

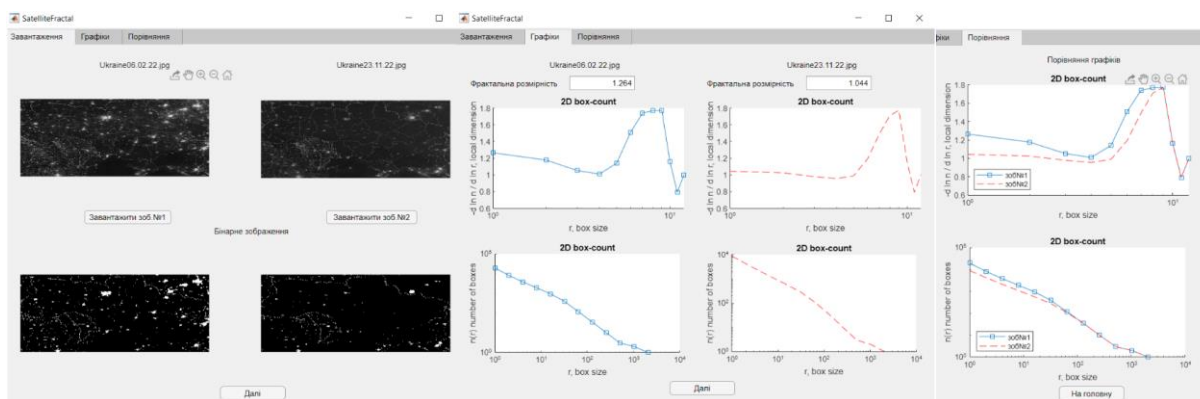


Рисунок 1 - Дослідження нічних супутникових знімків України до та після масованої атаки на енергетичну інфраструктуру

З наведених результатів видно, що супутникове зображення України за 06.02.2022 р. має фрактальну розмірність - 1.26, а супутникове зображення за 23.11.2022 р. – 1.04. Тобто, видно значне зменшення фрактальної розмірності. Таким чином, за значеннями фрактальних розмірностей супутникових знімків у різні моменти часу, можна говорити про стан енергетичної структури країни та визначати відносні збитки та стан енергетики після масованих атак.

Аналогічне дослідження було зроблено і для нічного Києва (рисунок 2). Для зображень Києва у січні 2022 р. фрактальна розмірність дорівнює 1.72, а на листопад 2022 р. – 1.31. Зміни фрактальної розмірності також відбулись. Та ж сама ситуація, що і в досліді із зображеннями України, до масованих ударів розмірність більша ніж після знеструмлення міста.

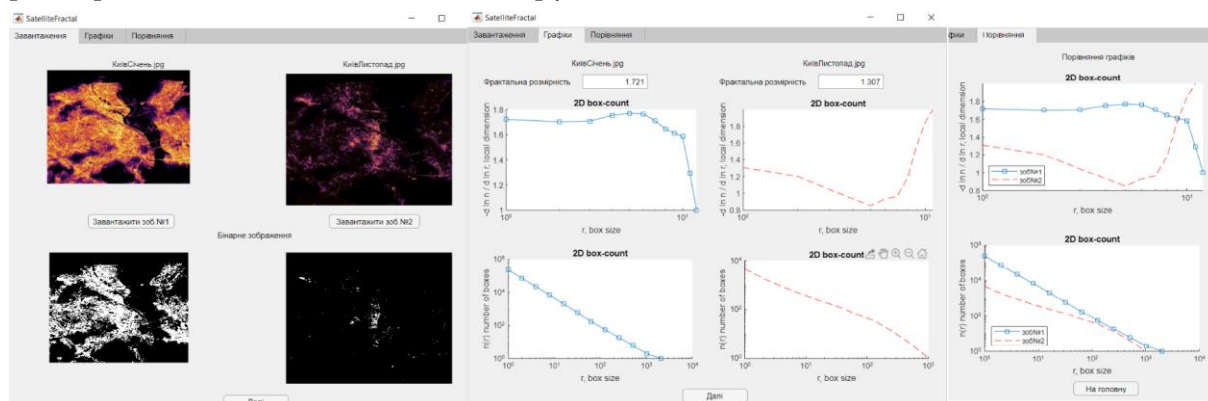
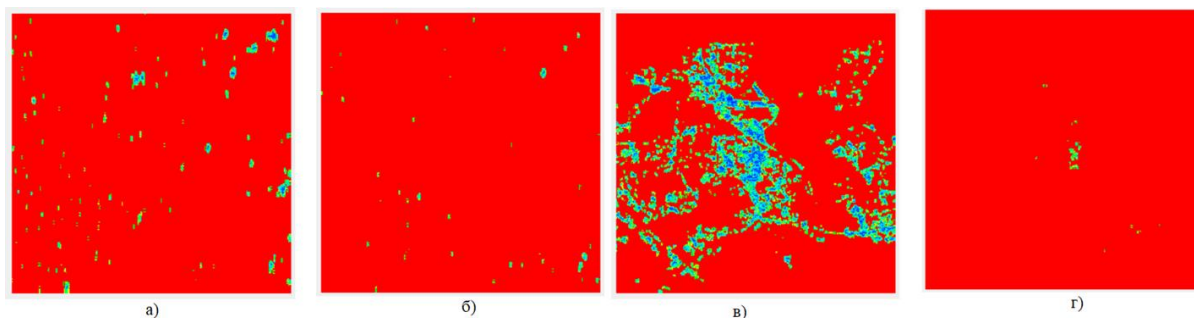


Рисунок 2 - Дослідження нічних супутникових знімків Києва до та після масованої атаки на енергетичну структуру



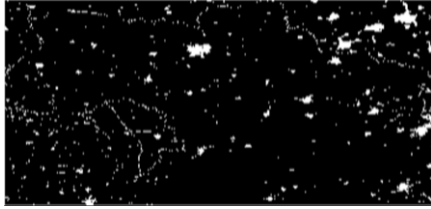







а) Україна 6.02.2022; б) Україна 23.11.2022; в)Київ 8.01.2022; г)Київ 23.11.2022.

Рисунок 3 - Фрактальна сегментація зображень в досліді зі світлом

На рисунку 3 наведено результати фрактальної сегментації супутникових зображень даного досліді. З рисунків видно, що при відсутності світла маємо тенденцію до зменшення фрактальної розмірності зображення.

З таблиці 1 видно, що кожне супутникове зображення має фрактальну розмірність, що відрізняється одна від одної. Найбільші значення фрактальної розмірності мають зображення з наявністю освітлення. Зображення за номером 1 та 2, за номером 3 та 4 мають схожі фрактальні розподілення, але відрізняються кучністю та інтенсивністю. Зображення, на яких більше освітлення територій (рядки 1 та 3 у таблиці 1) – мод розподілення більше, ніж у відповідних для них з меншим освітленням (рядки 2 та 4 у таблиці 1). Це говорить, що зникають більш «крупні» джерела світла і разом з ними «зникають» моди розподілення.

Фрактальні характеристики супутникових зображень в досліді зі світлом

Супутникове зображення в бінарному вигляді	Фрактальна розмірність	Фрактальне розподілення
 N°1	1,264	
 N°2	1,044	
 N°3	1,721	
 N°4	1,307	

Висновки. За результатами даного досліді, можна зробити висновок, що фрактальна розмірність, фрактальне розподілення та фрактальна сегментація нічних супутникових зображень буде залежати від наявності світла на тій території, яку досліджуємо. При відсутності електроенергії спостерігається значне зменшення показників всіх фрактальних характеристик. Таким чином, за значеннями фрактальних розмірностей супутникових знімків у різні моменти часу, можна говорити про стан енергетичної структури країни та визначати відносні збитки та стан енергетики після масованих атак.

Література

1. Журба А.О., Михальов О.І. Фрактальні характеристики зображень металоструктур та особливості їх обчислення // Системные технологии моделирования сложных систем / Монография под общей редакцией проф. А.И. Михалёва. – Днепр: НМетАУ-ИВК “Системные технологии”, 2016. – С. 299 – 327.
2. Журба А.О. Фрактальна сегментація зображень для дослідження природних об’єктів

та поверхонь / А.О. Журба, Д.І. Журба // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 3 (116). - Дніпро. - 2018. – С. 131–137.

STUDY OF SATELLITE IMAGES OF UKRAINE BEFORE AND AFTER MASSIVE ATTACKS ON ENERGY INFRASTRUCTURE USING FRACTAL METHODS

Zhurba Anna

Abstract. As world experience shows, Earth remote sensing data is increasingly being used to solve various problems. The wide application of remote sensing data is primarily due to the efficiency and visibility during the processing of data obtained from large areas. Space images from satellites in modern life have a high spatial resolution, which provides researchers and users with satisfactory initial data for solving various types of tasks.

A promising direction for increasing the informativeness of space images is the use of fractal image analysis methods. The complexity of the forms of the understory surface and vegetation can be described using the fractal dimension. Characteristic values of the fractal dimension allow decoding of cosmic images.

The purpose of the research is to develop a MATLAB software module that will analyze satellite images of the territory of Ukraine at different time intervals and examine their calculated fractal characteristics. Based on the received data, an analysis will be conducted and conclusions will be drawn. In the course of the research, it is necessary to determine the factors that affect the value of fractal characteristics.

Keywords: fractal, fractal dimension, fractal characteristics, self similarity, fractal segmentation, fractal distributions, distribution modes.

References

1. Zhurba A.O., Mykhalyov O.I. Fractal characteristics of images of metal structures and peculiarities of their calculation // System technologies modeling of complex systems / Monograph edited by Prof. A.I. Mykhalyov - Dnipro: NMetAU-IVK "System technologies", 2016. - P. 299 - 327.
2. Zhurba A.O. Fractal segmentation of images for the study of natural objects and surfaces / A.O. Zhurba, D.I. Zhurba // System technologies. Regional interuniversity collection of scientific works. – Issue 3 (116). - Dnipro. - 2018. – P. 131–137.