

Застосування радарних знімків Sentinel-1 для дистанційного моніторингу змін об'єкту навколишнього середовища на прикладі Грибовицького сміттєзвалища

Юрій Медведський, канд. техн. наук, доц. ¹ (ORCID: 0000-0003-0342-7088)

¹ Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна

АНОТАЦІЯ

В роботі представлено можливість застосування радіолокаційних супутникових знімків для вирішення завдання дистанційного моніторингу змін об'єкту навколишнього середовища на прикладі визначення зміни площі Грибовицького сміттєзвалища протягом періоду 2017 по 2024 рік. Перевірено можливість застосування методик обробки радарних знімків системи Sentinel-1 в програмному середовищі SNAP, що дозволяють виокремити чи класифікувати різні типи територій. Отримані результати використано для визначення контурів сміттєзвалища та порівняно з даними аналізу знімків оптичного діапазону.

Ключові слова: SNAP, радарні знімки, радіолокація, Sentinel-1, моніторинг навколишнього середовища.

1. ВСТУП

Застосування дистанційних методів для моніторингу змін навколишнього середовища сьогодні набули широкого поширення в багатьох напрямках і різних масштабах застосування. Ці методи застосовують від контролю за виробкою та обезлісненням [1] до виявлення закономірності для моніторингу стану біоенергетичних культур [2]. Звичайною практикою для виконання цих задач є застосування мультиспектральних супутникових знімків оптичного діапазону. Такі дані мають багато переваг над звичайними оптичними знімками але все ще мають властиву пасивним системам проблему наявності на знімках хмар та залежності від освітленості території моніторингу. Тому останніми роками зростає популярність застосування радарних знімків [3], які працюють в радіодіапазоні хвиль, являються активними системами і тому незалежні від освітленості території моніторингу та наявності хмар на ній. Єдиним недоліком таких даних є складність візуального представлення та оброблення радарних знімків. В цій роботі наведено спробу застосування декількох методик обробки таких знімків, що дозволяються виокремити чи класифікувати різні типи територій, для визначення контурів сміттєзвалища

2. МЕТА

Метою роботи є знаходження методики обробки радарних даних, що дозволяє виконувати задачі дистанційного моніторингу об'єкту навколишнього середовища з достовірністю аналізу оптичних мультиспектральних супутникових знімків.

3. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Об'єктом дослідження обрано Львівський полігон твердих побутових відходів (Грибовицьке сміттєзвалище), — це полігон, який функціонував поблизу Львова з 1958 року для збору сміття зі Львова та навколишніх сіл. У 2016 році на полігоні сталася велика пожежа, яка призвела до зсуву сміття та загибелі чотирьох людей, зупинивши його роботу та привернувши увагу до проблеми утилізації

відходів у місті. Відтоді проводяться роботи з рекультивациі полігону та будівництва сміттєпереробного заводу.

Для опрацювання радарних знімків Sentinel-1 обрано період з 2017 по 2024 рік по одному знімку в місяць в період з середини травня по початок липня. Опрацювання виконувалось в безкоштовному програмному забезпеченні з відкритим кодом SNAP за трьома методиками: виявлення змін на різночасових знімках (Change Detection) [4], аналіз профілю (Profile plot), усереднення набору (Stack Averaging) [5].

Для оцінки результатів опрацювання радарних знімків обрано метод порівняння з даними супутникових знімків в оптичному мультиспектральному діапазоні. Обрано знімки Sentinel-2 за період з 2017 по 2024 рік по одному знімку в місяць в травні з низькою хмарністю. Опрацювання виконувалось на веб порталі Європейського космічного агентства EO Browser та включало аналіз знімків в нормалізованому індексі різниці рослинності (NDVI), інфрачервоному діапазоні (Infrared), оптичному діапазоні для визначення оптимального варіанту визначення контуру сміттєзвалища та обрахунку його площі.

3.1. Виявлення змін на знімках (Change Detection)

Change detections - визначення відмінностей між двома знімками, при якому попарно порівнюються відповідні пікселі зображень. В результаті отримуємо одне зображення, яке певним чином поєднує в собі інформацію з двох вхідних. Незважаючи на наочно видиму різницю в значенні амплітуди на знімках за 2017 та 2024 роки алгоритм визначення змін не зміг спрацювати безпомилково та надати необхідні результати для визначення зміни площі сміттєзвалища (Рис.1).

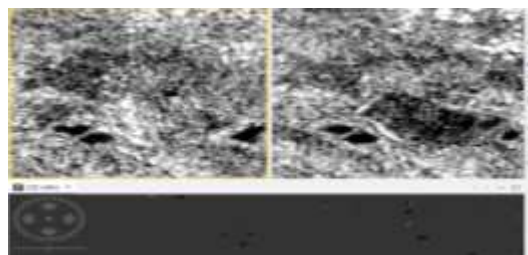


Рисунок 1. Результат роботи методики Change Detection

3.2. Аналіз профілю (Profile plot)

Profile plot – інструмент аналізу значення амплітуди по заданій лінії. Для різних типів територій властиві свої значення максимумів та мінімумів значень амплітуди, що надає змогу виокремити контури цих територій.

Діапазони значень амплітуди достатньо чітко відділяють територію сміттєзвалища від ділянки земляного покриття навколо нього (Рис.3)

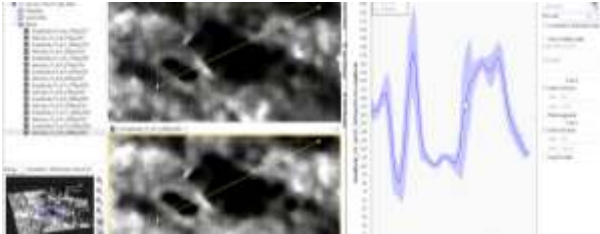


Рисунок 2. Результат роботи методики Profile plot

Отримані результати дають змогу виокремити шар з територією сміттєзвалища та визначити його площу, проте на території знімка є багато хибних спрацювань, що потребує більш детального аналізу перед прийняттям рішення про границю (Рис. 3).

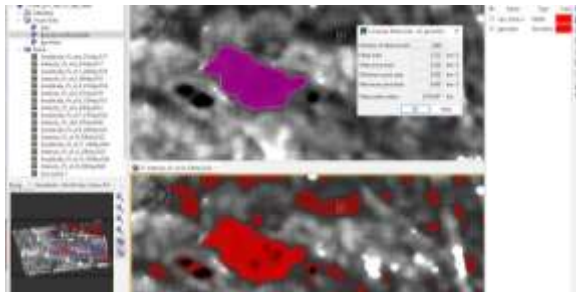


Рисунок 3. Визначення контуру сміттєзвалища (Profile plot)

3.3. Усереднення набору (Stack Averaging)

Stack Averaging - спосіб проаналізувати серію зображень, обчислити їхню часову (темпоральну) статистику. Він обчислює одну нову смугу як статистичне представлення всього вхідного стека (набору знімків).

В результаті застосування даної методики отримано досить чітко визначений контур території сміттєзвалища, який можна однозначно ідентифікувати на знімку (рис.5)

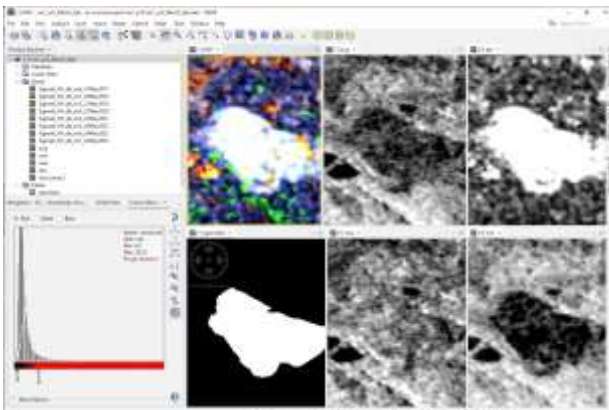


Рисунок 5. Результат роботи методики Stack Averaging

3.4. Порівняння результатів радарного та оптичного діапазонів.

За результатами аналізу знімків Sentinel-2 встановлено, що за період з 2017 по 2024 р.р. площа сміттєзвалища збільшилась в 2 рази з 16 Га до 30 Га. На основі даних радарних знімків встановлено зміну в 22 Га та 27 Га в залежності від методики обробки знімків (табл. 1).

Таблиця 1: Площа сміттєзвалища

Метод	Площа, кв.км
Sentinel-2. 2017 рік	0,16
Sentinel-2. 2024 рік	0,30
Sentinel-1. Profile plot (2024)	0,22
Sentinel-1. Stack Averaging (2017-2024)	0,27

4. ВИСНОВКИ

За результатами виконаного дослідження можна зробити висновок про можливість успішного використання радарних даних для задач дистанційного моніторингу об'єктів навколишнього середовища, але складність опрацювання цих даних залишається на високому рівні, адже наблизитись до результатів по оптичних даних вийшло лише використовуючи методику усереднення набору (stack averaging), яка у свою чергу була найбільш трудовитратною і складною.

Список літератури

- [1] Pelc-Mieczkowska, R. . The Application of Sentinel-2 Data for Automatic Forest Cover Changes Assessment – Białowieża Primeval Forest Case Study. *Civil and Environmental Engineering Reports*. 2021. Vol. 31(4). P. 148-166. URL: <https://doi.org/10.2478/ceer-2021-0054>
- [2] Присяжнюк, О. І., Маляренко, О. А., Lazdiņš, A., & Костина, Т. П. Моніторинг стану біоенергетичних культур з використанням супутникових знімків Sentinel-2 та БПЛА. *Новітні агротехнології*. 2023. № 11(3). URL: <https://doi.org/10.47414/na.11.3.2023.288681>
- [3] Медведський Ю. В. Радіолокаційна інтерферометрія з синтезованою апертурою. *Інженерна геодезія*. 2019. № 67. С. 110-112. URL: <https://doi.org/10.32347/0130-6014.2019.67.110-122>
- [4] Osio, A., Dell'Acqua, F., & Gaglione, S. Spatial processing of Sentinel imagery for wetland classification. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 2020. Vol.. P. 525–532. URL: <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-V-3-2020-525-2020>
- [5] De Luca, G., Silva, J. M. N., & Modica, G. A workflow based on Sentinel-1 SAR data and open-source algorithms for unsupervised burned area detection in Mediterranean ecosystems. *GIScience & Remote Sensing*. 2021. Vol.58(4). P. 516–541. URL: <https://doi.org/10.1080/15481603.2021.1907896>