

Розділ 5

ГЕОДЕЗІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ: СТАН, ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

УДК 528.721

ЗАСТОСУВАННЯ РАДАРНИХ ДАНИХ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЗОН ВОЄННИХ ДІЙ НА ЗЕМЛЯХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Р. Ступень, д. е. н.

ORCID ID: 0000-0002-4951-2838

З. Рижок, к. е. н.

ORCID ID: 0000-0003-0733-5658

О. Ступень, к. е. н.

ORCID ID: 0000-0001-6702-0987

Львівський національний університет природокористування

<https://doi.org/10.31734/architecture2024.25.156>

Ступень Р., Рижок З., Ступень О. Застосування радарних даних для визначення зон воєнних дій на землях сільськогосподарського призначення

Обґрунтовано, що методи дистанційного зондування Земель базуються на реєстрації й подальшій інтерпретації відбитої сонячної радіації від поверхні ґрунту, рослинності, води чи інших об'єктів, що дає змогу здійснювати моніторинг за станом земель сільськогосподарського призначення в умовах ведення активних бойових дій на їхній території. Здійснено моніторинг сільськогосподарських земель із застосуванням даних дистанційного зондування Землі для визначення зон воєнних дій на їхній території. Для цього обрано модельну земельну ділянку на території селища Ягідного Бахмутської територіальної громади Донецької області та завантажено знімки місії Sentinel-1 з Sentinel Hub EO Browser. Кожен із попередньо оброблених знімків за 4 серпня 2021 року та 4 липня 2024 року містить відкалібровану інтенсивність зворотного розсіювання (Σ_0) у поляризації VV, геокодовану та спроектовану на систему координат WGS84. Отримані зображення об'єднано в різночасовий стек та запущено інструмент виявлення змін у програмі SNAP для того, щоб виділити ділянки значних змін, де яскраво відображено зони ураження сільськогосподарських угідь від ведення бойових дій. Доведено, що застосування радарних даних для визначення зон воєнних дій на землях сільськогосподарського призначення сприяє ефективнішому управлінню ризиками та забезпечує необхідну інформацію для ухвалення обґрунтованих рішень, забезпечуючи високу точність та деталізацію зображень земної поверхні незалежно від погодних умов та часу доби з метою виявлення змін у структурі полів, руйнуванні інфраструктури та інших наслідків воєнних дій. У результаті за допомогою радарних даних можна оцінити ступінь пошкоджень сільськогосподарських земель, зменшення врожайності культур, а також визначити необхідні заходи для відновлення сільського господарства.

Ключові слова: радарні дані, землі сільськогосподарського призначення, дистанційне зондування Земель, Sentinel-1.

Stupen R., Ryzhok Z., Stupen O. Applying radar data to identify war zones on agricultural land

The methods used for remote sensing of land involve capturing and interpreting reflected solar radiation from various surfaces, such as soil, vegetation, and water. This approach enables the monitoring of agricultural lands even in areas affected by active military operations. The goal is to utilize Earth remote sensing data to identify regions impacted by military activities. To demonstrate this, a model plot of land was selected in the village of Yahidne, part of the Bakhmut Territorial Community in Donetsk Region. Images from the Sentinel-1 mission were obtained through the Sentinel Hub EO Browser. The preprocessed images, taken on August 4, 2021, and July 4, 2024, show calibrated backscatter intensity (Σ_0) in VV polarization, and are geocoded and projected onto the WGS84 coordinate system. These images were combined into a time-lapse stack, and the SNAP change detection tool was employed to highlight areas of significant change, clearly indicating regions of agricultural damage due to warfare. This study demonstrates that utilizing radar data to assess military operation zones on agricultural lands enhances risk management and provides crucial information for informed decision-making. The images offer high accuracy and detail, regardless of weather conditions or time of day, allowing for the detection of changes in field structure, damage to infrastructure, and other consequences of military actions. As a result, radar data can effectively evaluate the extent of damage to agricultural land, track reductions in crop yields, and help determine necessary measures for restoring agriculture.

Keywords: radar data, agricultural lands, remote sensing of lands, Sentinel-1.

Постановка проблеми. Методи дистанційного зондування Земель базуються на реєстрації й подальшій інтерпретації відбитої сонячної радіації від поверхні ґрунту, рослинності, води чи інших об'єктів, що дає змогу здійснювати моніторинг за станом земель сільськогосподарського призначення в умовах ведення активних бойових дій на їхній території. Згідно з дослідженнями [5], ефективність державної політики у сфері управління земельними ресурсами у післявоєнний період відбудови потребуватиме активного використання даних дистанційного зондування Земель задля моніторингу земельних ресурсів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання розвитку земельних відносин та моніторингу сільськогосподарських угідь із застосуванням систем дистанційного зондування Земель досить актуальне, що доводить велика кількість публікацій Глотова В. [2], Данкевича В. [3], Четверікова Б., Калинича І. [6] з моніторингом змін складу категорій земель для подальшого аналізу антропогенного впливу на території.

Постановка завдання. Наше завдання – провести моніторинг сільськогосподарських земель із застосуванням даних дистанційного зондування Землі для визначення зон воєнних дій на їхній території.

Виклад основного матеріалу. Технології дистанційного зондування Земель – досить ефективний інструмент для контролю сільськогосподарських угідь на рівні територіальних громад, що особливо актуально в умовах розширення повноважень громад.

Радіолокаційне знімання фактично не залежить від наявності сонячного світла та погоди.

Крім того, воно дає змогу з високою точністю виявляти вертикальні й горизонтальні зміщення земної поверхні. Ці та інші особливості радарних космічних апаратів, наприклад COSMOSkyMed 1-4, RADARSAT-2, TerraSAR-X, TanDEM-X, дають змогу успішно застосовувати отримані дані для відповіді на завдання моніторингу стихійних лих.

Зокрема радарні знімки дозволяють:

- спостерігати за деформаціями і зсувами земної поверхні з міліметровою точністю завдяки диференціальній інтерферометричній обробці, а також виявляти зсуви;
- проводити моніторинг споруд і стану будівель;
- вивчати наслідки землетрусів;
- моніторити забруднення прибережних акваторій морів нафтопродуктами в результаті зливу пального з суден;
- виявляти вітровали і вирубки;
- оперативно оцінювати збитки від стихійних лих [6].

Щоб проаналізувати зміни для земель сільськогосподарського призначення внаслідок ведення воєнних дій, обираємо модельну земельну ділянку на території селища Ягідного Бахмутської територіальної громади Донецької області та завантажуюмо знімки місії Sentinel-1 (рис. 1-2). Ці дані є у відкритому доступі на сайті Sentinel Hub EO Browser [7]. Колекція Sentinel-1 містить усі сцени Ground Range Detected, кожна з яких має одну з трьох просторових розрізненостей (10, 25 або 40 метрів відповідно), чотири комбінації діапазонів, які відповідають поляризації сцен, та три режими інструменту.

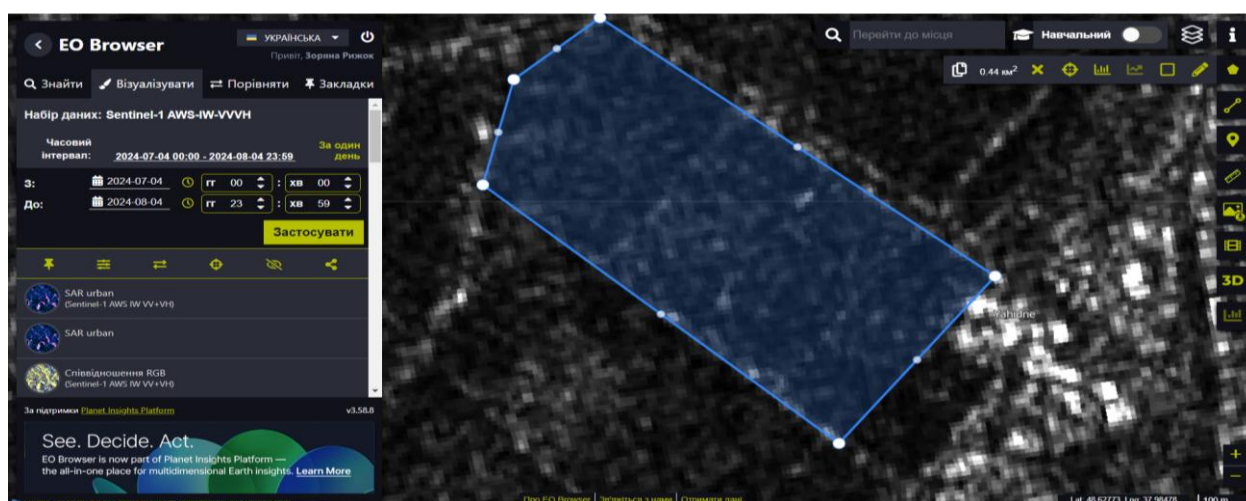


Рис. 1. Космічний знімок Sentinel-1 для земельної ділянки сільськогосподарського призначення на території селища Ягідного Бахмутської територіальної громади Донецької області на 04.07.2024 року

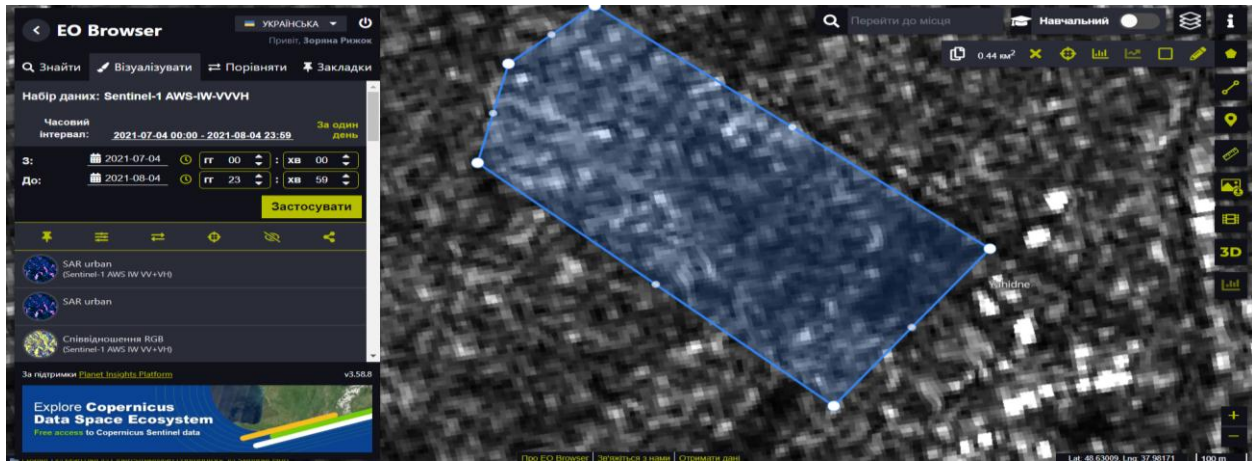


Рис. 2. Космічний знімок Sentinel-1 для земельної ділянки сільськогосподарського призначення на території селища Ягідного Бахмутської територіальної громади Донецької області на 04.08.2021 року

Загалом штучний супутник Землі Sentinel-1 працює в чотирьох ексклюзивних режимах збору, включаючи:

1. Stripmap (SM) – карту смуг;
2. Interferometric Wide swath (IW) – інтерферометричний режим широкої смуги;
3. Extra-Wide swath (EW) – надшироку смугу;
4. Wave (WV) – хвилю.

Інтерферометричний режим широкої смуги (IW) – основний режим збору даних на суші, що задовольняє більшість вимог геоінформаційного аналізу для даних із діапазоном 250 км із просторовою роздільною здатністю 5 м на 20 м за одноразового перегляду. Режим IW фіксує три підсмуги за допомогою спостереження за місцевістю з прогресивним скануванням SAR (TOPSAR). Окрім керування променем у діапазоні, як у ScanSAR, промінь також електронно керується від задньої до передньої частини в азимутальному напрямку для кожного сплеску, уникаючи фстончастих і в результаті забезпечуючи однорідну якість зображення по всій смугі.

Прилади SAR Sentinel-1 С-діапазону підтримують роботу в одній поляризації (HH або VV) і подвійній поляризації (HH+HV або VV+VH), реалізовані через один ланцюг передачі з можливістю перемикання на H або V, а також два паралельні ланцюги прийому для H і V поляризації. Кожна сцена містить додаткову смугу кутів, що передбачає приблизний кут падіння від еліпсоїда для кожної точки [4].

Одержані знімки для об'єкта дослідження завантажуються до програмного середовища SNAP, де кожна сцена була попередньо оброблена за допомогою Sentinel-1 Toolbox із використанням таких кроків:

1. Radar (Радар) → Apply Orbit File (Застосувати файл орбіти);
2. Radar (Радар) → Radiometric (Радіометричний) → Calibration (Калібрування);
3. Radar (Радар) → Speckle Filtering (Спекл Фільтрування) → Speckle Filter (Спекл Фільтр);
4. Radar (Радар) → Geometric (Геометричний) → Terrain Correction (Корекція рельєфу) [1].

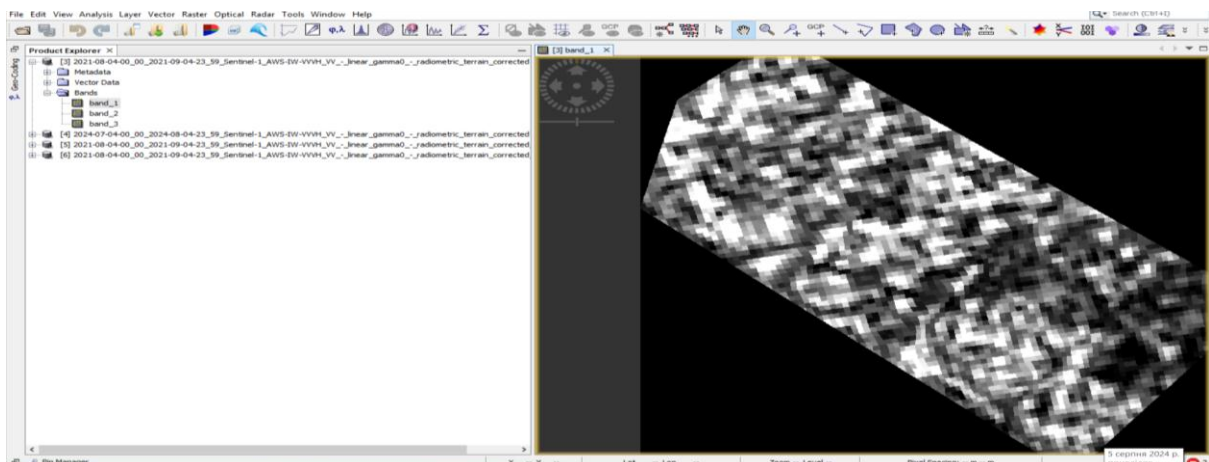


Рис. 3. Оброблений космічний знімок Sentinel-1 для земельної ділянки сільськогосподарського призначення на території селища Ягідного Бахмутської територіальної громади Донецької області на 04.08.2021 року у програмі SNAP

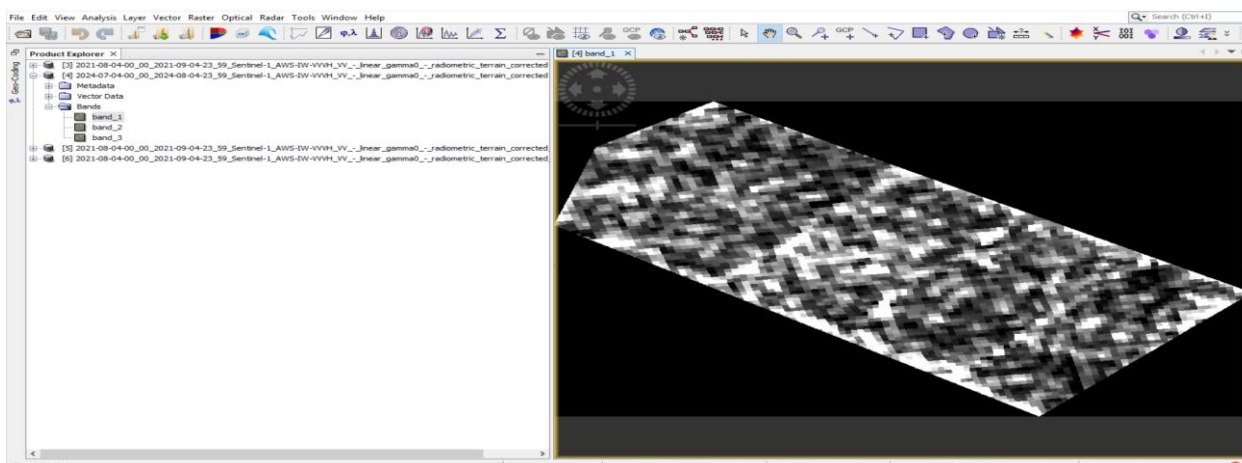


Рис. 4. Оброблений космічний знімок Sentinel-1 для земельної ділянки сільськогосподарського призначення на території селища Ягідного Бахмутської територіальної громади Донецької області на 04.07.2024 року в програмі SNAP

На рис. 3 та 4 для об'єкта дослідження у програмі SNAP відображено знімки Sentinel-1 поляризації VV за 4 серпня 2021 року та 4 липня 2024 року відповідно. Бачимо, що на наведених знімках землі сільськогосподарського призначення виділяються по-різному, що відображає зміни внаслідок ведення бойових дій на досліджуваній території.

Кожен із попередньо оброблених знімків за 4 серпня 2021 року та 4 липня 2024 року містить відкалібровану інтенсивність зворотного розсіювання (σ_0) у поляризації VV, гекодовану та спроектовану на систему координат WGS84. Далі отримані зображення об'єднують в різночасовий стек за допомогою інструменту Radar → Coregistration → Stack Tools → Create Stack (рис. 5).

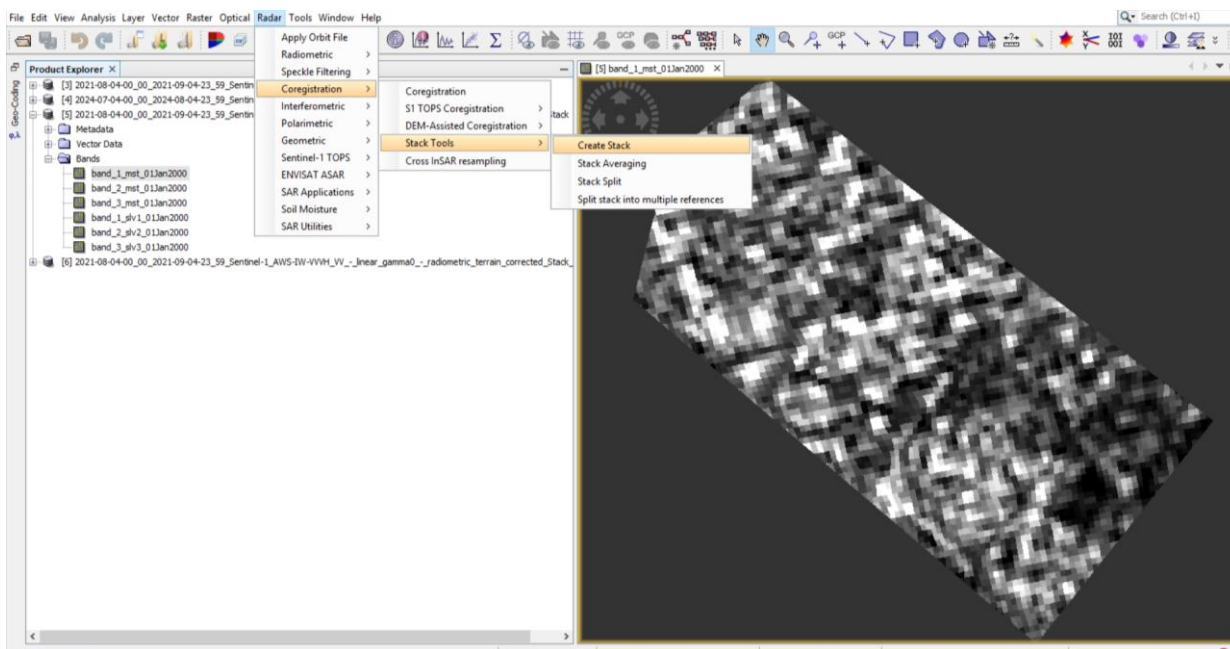


Рис. 5. Результат застосування інструменту стеку для знімків Sentinel-1 земельної ділянки сільськогосподарського призначення на території селища Ягідного Бахмутської територіальної громади Донецької області на 04.08.2021 року та 04.07.2024 року у програмі SNAP

Після одержання різночасового радарного композиту (стекового файлу) можемо запустити інструмент виявлення змін, щоб виділити ділянки значних змін для земельної ділянки сільськогосподарського призначення, розташовані на території селища Ягідного Бахмутської територіальної

групи Донецької області. Для цього у програмі SNAP застосовуємо інструмент Radar → SAR Applications → Change Detection (рис. 6), де яскраво видно зони ураження сільськогосподарських угідь від ведення бойових дій.

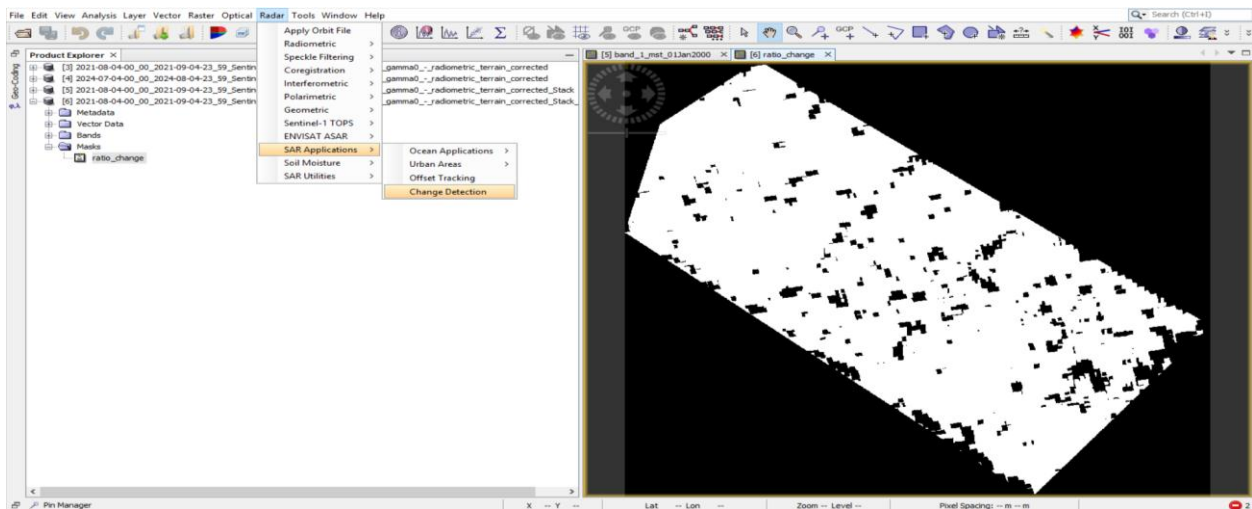


Рис. 6. Результат застосування інструменту виявлення змін для знімків Sentinel-1 земельної ділянки сільськогосподарського призначення на території селища Ягідного Бахмутської територіальної групи Донецької області на 04.08.2021 року та 04.07.2024 року у програмі SNAP

Одержані результати визначення зон воєнних дій на землях сільськогосподарського призначення зберігаємо у форматі KMZ та відкриваємо у програмному середовищі Google Earth Pro (рис. 7), або в будь-якій іншій геоінформаційній програмі,

що дасть змогу подовжити дослідження аналізу змін використання земель сільськогосподарського призначення на окупованих територіях.



Рис. 7. Визначення зон воєнних дій для земельної ділянки сільськогосподарського призначення на території селища Ягідного Бахмутської територіальної групи Донецької області упродовж 04.08.2021 року – 04.07.2024 року у програмі SNAP

Висновки. Застосування радарних даних для визначення зон воєнних дій на землях сільськогосподарського призначення сприяє ефективнішому

управлінню ризиками та забезпечує необхідну інформацію для ухвалення обґрунтованих рішень, забезпечуючи високу точність і деталізацію зображень земної поверхні незалежно від погодних умов

та часу доби. Це дає змогу ефективно виявляти зміни у структурі полів, руйнування інфраструктури та інші наслідки воєнних дій.

Радарні знімки забезпечують постійний моніторинг, що є критичним для оперативного виявлення та оцінки воєнних дій, що дозволяє швидко реагувати на нові загрози й адаптувати стратегії захисту, аналізувати зміни рельєфу, відображаючи наявність окопів, воронок від вибухів чи інших ознак ведення воєнних дій з метою оцінки масштабів руйнувань і планування відновлювальних робіт.

За допомогою радарних даних можна оцінити ступінь пошкоджень сільськогосподарських земель, зменшення врожайності культур, а також визначити необхідні заходи для відновлення сільськогосподарства за допомогою інтегрування з іншими джерелами інформації, такими як дані з БПЛА та наземні спостереження, для того, щоб створити комплексну картину зони конфлікту, підвищуючи точність і ефективність аналізу.

Бібліографічний список

1. Бабійчук С., Томченко О., Пікуль С. Радарні дослідження в ДЗЗ. Застосування радарних даних Sentinel-1 та для визначення зон руйнувань урболандшафтів методом виявлення змін на різночасових знімках. URL: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11552321>.
2. Глотов В., Бяла Я. Моніторинг просторово-часових геодинамічних змін складу категорій земель на прикладі регіону міста Стебник за даними дистанційного зондування землі. *Geodynamics*. 2022. № (32). С. 5–15. URL: <https://doi.org/10.23939/jgd2022.02.005>.
3. Данкевич В. Є., Данкевич Є. М. Моніторинг сільськогосподарських угідь із застосуванням систем дистанційного зондування земель. *Економіка АПК*. 2019. № 8. С. 27–36.
4. Кочергін Л., Кімейчук І. Геоінформаційний моніторинг змін вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок Черкаської області за радарними даними. *Вісник Малинського фахового коледжу*. 2023. № 2. URL: <https://visnyk.mltdk.co.ua/article/view/294355/287129> (дата звернення: 26.07.2024).
5. Ступень Р. М., Рижок З. Р., Бермес М. С. Застосування ГІС технологій у плануванні розвитку об'єднаних територіальних громад. *Актуальні аспекти розвитку науки і освіти: тези доповідей I Міжнар. наук.-практ. конференції НПП та молодих науковців* (м. Одеса, 13–14 квітня 2021 р.). Одеса, 2021. С. 243–244.
6. Четверіков Б. В., Калинич І. В. Методика застосування даних дистанційного зондування землі в оцінці наслідків надзвичайних ситуацій. Львів, 2022. 120 с.
7. Sentinel Hub EO Browser. URL: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/> (дата звернення: 26.07.2024).

Стаття надійшла 12.08.2024