

О.О. Кавац, Ю.О. Кібукевич, І.В. Калашник,
К.А. Артеменко, Ю.В. Кавац

КОМП'ЮТЕРНИЙ АНАЛІЗ РАДАРНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ВИСОКОЇ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ МОНІТОРИНГУ ПАВОДКІВ

Анотація. В роботі проведено комп'ютерний аналіз змін земної поверхні в наслідок паводків з використанням радарних зображень високої роздільної здатності. Дослідження підтоплених територій проводилось на декількох різночасових радіолокаційних зображень зі супутника Sentinel-1 за алгоритмом в який входить визначення області інтересу, радіометрична корекція, перетворення діапазонів в децибелі, функція Terrain Correction та створення маски територій які були постраждали від паводків та повеней.

Ключові слова: радарні супутникові зображення, просторова здатність, ідентифікація змін, Sentinel-1, маска, поляризації VV та VH, SAR.

Постановка проблеми

В останні десятиліття у світі значно зросла кількість катастроф, пов'язаних з водою. Одними з найпоширеніших є повені та паводки, які складають майже 20% від усіх світових стихійних лих. Внаслідок такого стихійного лиха руйнуються будівлі, мости, автомобільні та залізничні шляхи, знищуються посіви сільськогосподарських культур, виникають зсуви та обвали, нерідко є жертви серед населення та тварин. В Україні найчастіше від повеней страждають Закарпатська та Івано-Франківська області, що обумовлено густою гідрографічною мережею. Виявлення ушкоджених територій внаслідок повеней та паводків має вирішальне значення для розуміння та загального огляду процесу, прогнозування можливих подій, а також для вчасного введення запобіжних заходів та попередження людей, які потрапили у зону ризику.

У 2008 році внаслідок літньої зливи від паводку постраждали 9 районів Закарпатської області та 4 міста. За інформацією МНС було затоплено джерела водопостачання, зруйновано 35 км дорожнього

покриття та пошкоджено 20 мостів, більше 400 тисяч населення залишилось без електро -, газо - та водопостачання. Також значних збитків зазнали виробники сільськогосподарської продукції. На площі 5354 га було пошкоджено посіви сільськогосподарських культур, а на площі 654 га посіви загинули. У грудні 2017 року на Західній Україні в результаті підвищення температури повітря та опадів у вигляді дощу та снігу було зареєстровано наймасштабніший паводок за останні 20 років. Тільки за перший день рівень води у річках піднявся на 1,5-2,5 м, було підтоплено 49 підвальних приміщень та 2 тис га сільгоспугідь, зруйновано 2 автомобільних мости міського значення.

Природні явища у вигляді паводків є природною небезпекою для населення та спричиняють значні збитки для людей, які працюють у сільськогосподарській інфраструктурі. Важливо завчасно передбачити такі небезпечні процеси, виявити основні причини та розробити запобіжні заходи. Основним допоміжним інструментом є зображення високої роздільної здатності та побудова карт ризику затоплення.

Аналіз останніх досліджень

Відслідкувати зміни та стан земної поверхні внаслідок паводків можливо за допомогою дистанційного зондування, картографування або аеро - фотозйомки. Останні два є досить трудомісткими та вимагають багато часу. Оптичні дані можна швидко отримати та вчасно провести аналіз. Але внаслідок того, що для повенів та паводків характерні висока хмарність або тумани, інформативність таких даних значно знижується і дослідження можуть бути не достовірними. У цьому разі альтернативою є радіолокаційні дані. В Україні підйом рівня води в басейнах таких річок як Дніпро, Дністер, Західний Буг і Тиса є найчастішою причиною виникнення паводків. Це може бути обумовлено значними зливами, весняним таненням снігу, вітровим нагоном води, руйнуванням дамб, сміттям, спрямленням річок або суцільною вирубкою лісів. Формування паводків є несезонним і може з'явитись у будь-яку пору року. Швидкість затоплення територій коливається від десятків хвилин до кількох годин. Потоки води тягнуть за собою валуни, виривають з коріннями дерева, активізують зсувні та селеві процеси [1].

Формулювання цілей статті

Метою дослідження є виявлення можливостей супутникових радарних зображень зі супутника Sentinel-1 для вирішення задач моніторингу паводків та визначення площ затоплених територій. Завдяки таким перевагам радарної зйомки як стійкість до погодних умов та можливість проводити спостереження в темний час доби, радарні дані є потужним інструментом для дослідження повеней та паводків.

Основна частина

У роботі було використано радарні знімки з наступних причин. По-перше, радіолокаційні дані, що подаються супутником, є ефективними, оскільки здатні проникати крізь дощові хмари, які у 90% випадків закривають територію дослідження. По-друге, супутник Sentinel-1 забезпечує регулярну зйомку поверхні Землі, що допомагає вчасно ідентифікувати будь-які зміни. Також важливим аспектом радіолокаційних знімків є те, що можна легко дешифрувати та відрізнити контрасти ґрунту та води. Сигнал, отриманий від датчика, дзеркально відображається від пласкої поверхні землі, що в свою чергу веде до зменшення кількості відбитого випромінювання. Це викликає відносно темні пікселі на радарному зображенні водних областей, які вигідно контрастують з іншими поверхнями землі (наприклад, ліси, поля або міські забудови) [2].

У роботі пропонується супутниковий моніторинг паводків за радарними знімками супутника Sentinel-1 на території України, Закарпатської області, с. Великі Ком'яти. Період спостереження території – грудень 2017 року. Було використано серію із чотирьох різночасових зображень – 14, 17, 18 та 20 грудня 2017 року. Перше зображення було отримано до початку паводку, наступні два – у розпал стихійного лиха, останнє – після спаду рівня води. Всі представлені радіолокаційні знімки мають подвійну поляризацію VV+VH.

Для подальшого дослідження отримані зображення пройшли попередню обробку. Основні етапи попередньої обробки:

- Data Download – завантаження даних Sentinel-1 у режимі Interferometric Wide за допомогою ресурсу Copernicus;
- Subset area of interest – обрізка області інтересу для скорочення часу обробки зображення;
- Radiometric Calibration – приведення вихідних даних у фізичні одиниці для зіставлення з даними інших зйомок;

- Ellipsoid Correction – ресемплінг зображення зі зміною системи проектування на UTM/WGS84;
- Speckle Filtering – видалення шуму на зображенні;
- Composite RGB image – формування RGB зображення для зручності візуальної оцінки;
- Creation flooding mask – створення зображення того ж розміру, що і вихідне, на якому території затоплення мають значення 1, інші - 0.

У роботі було використано функцію Ellipsoid Correction на основі білінійної інтерполяції для того, щоб геометричне представлення зображення було якомога ближче до реального світу. Також за допомогою Range Doppler orthorectification method було проведено геокодування зображення із єдиної системи проектування у систему UTM/WGS84. Для отримання точної геолокаційної інформації метод використовує доступну векторну інформацію про стан орбіти, радарні часові записи та параметри перетворення наземного діапазону.

Оскільки радар із синтезованою апертурою (SAR) є активною системою, на отриманих зображеннях часто присутні спекл-шуми. Спекл є системним явищем і результатом взаємодії імпульсу радара з різними розсіюваннями, що значно знижує інформативність радарних даних [3,4]. Тому, у роботі запропоновано використання функції Speckle Filtering для видалення спекл-шумів. Було застосовано фільтр Lee з вікном 5 на 5.

Для зручності візуальної оцінки були сформовані псевдокольорові RGB-композиції. Зображення в поляризації VV відповідає червоному каналу, зеленому каналу – зображення в поляризації VH, синьому каналу - частка від ділення зображень в поляризації VV та VH.

Для створення масок, які відповідають зонам підтоплення, тобто створення зображення того ж розміру, що і вихідне, на якому території затоплення мають значення 1, інші - 0, було застосовано пороговий метод [5]. Згідно цьому методу, ушкоджена територія внаслідок паводку буде мати значення 1, якщо

$$DN \leq TW \quad (1)$$

де DN – цифрове значення каналу VH радарного зображення, а TW – порогові значення для води.

Results of work. На рис. 1 наведено серію різночасових фрагментів вихідних композитних RGB зображень після проведення ра-

діометричної калібровки, еліпсоїдної корекції та видалення спекл-шумів.

За отриманими радарними різночасовими даними було розраховано площі підтоплених територій для кожної з дат. Тільки на представленій сцені за добу від початку паводку було підтоплено 780 га. У наступні два дні було ушкоджено ще 831 га. Загалом під час стихійного лиха було підтоплено більш ніж 2000 га, з яких майже 800 га належить до товарного сільськогосподарського виробництва, що призвело до значних збитків для підприємців та робітників аграрної промисловості.

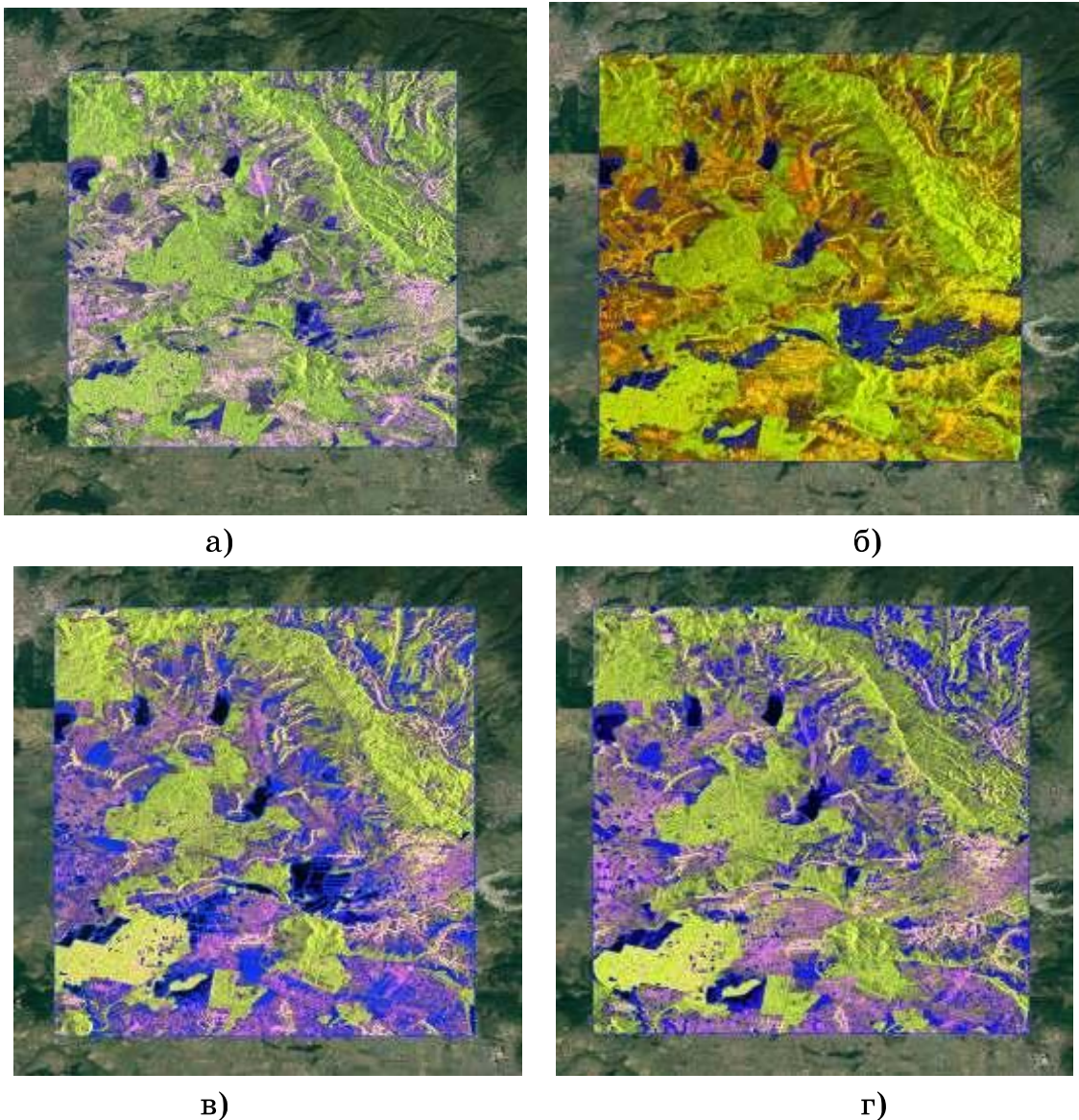


Рисунок 1 Маски підтоплених територій
а) до початку паводку; б) 2-й день паводку;
в) 3-й день паводку; г) після паводку

Висновки

У роботі запропоновано комп'ютерний аналіз радарних зображень високої роздільної здатності з метою моніторингу паводків у Закарпатській області України. Згідно проведених досліджень можна зробити висновок, що використання супутникових радарних даних має ряд таких переваг як:

- можливість використовувати радарні дані при несприятливих погодних умовах;
- подібні дослідження можуть допомогти у прийнятті подальших рішень щодо планування та запобігання паводків;
- проведення моніторингу на конкретних сценах для визначення тенденції та закономірності паводків;
- можливість отримання різночасових знімків, що дозволяє проаналізувати будь-яку область покриття;
- дані після аналізу можуть бути застосовані до інших карт або зображень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Адаменко О.М. Про причини та наслідки паводків у долині Дністра/ Вісник Львівського університету. Серія географічна. 2014. Випуск 48. С. 141–149 Visnyk of the Lviv University. Series Geography. 2014. Issue 48. P. 141–149.
2. T.Y. Gan, F.Zunic C.-C.Kuo; T.Strobl; Flood mapping of Danube river at Romania using single and multi-date ERS2SAR images, Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf., 18 (2012), pp. 69-81.
3. Md.R. Rahman, Flood inundation mapping and damage assessment using multi-temporal RADARSAT and IRS 1C LISS III image, Asian J. Geoinf., 6 (2) (2006), pp. 11-21.
4. L. Landuyt, A. Van Wesemael, F.M.B. Van Coillie, N.E.C. Verhoest, Pixel-based flood mapping from SAR imagery: a comparison of approaches, Geophys. Res. Abstr., 19 (2017), EGU2017-14060.
5. P. Gong, Y. Sheng, Q. Xiao, Quantitative dynamic flood monitoring with NOAA AVHRR, Int. J. Remote Sens., 22 (9) (2001), pp. 1709-1724.
6. Hnatushenko V.V. Satellite monitoring of deforestation as a result of mining /V.V. Hnatushenko, D.K. Mozgovyi, V.V. Vasyliiev/ Scientific bulletin of National Mining University. - State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnipro, 2017. No 5 2017. С. 94-99.
7. Kleynhans W. Olivier, J.C. Wessels, K.J. Salmon, B.P. van den Bergh, F.; Steenkamp, K. Detecting land cover change using an extended kalman filter on MODIS NDVI time-series data. IEEE Geosci. Remote Sens. Lett. 2011, 8, 507–511.
8. Hansen, M.C. Stehman, S.V. Potapov, P.V. Quantification of global gross forest cover loss. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 2010, 107, 8650–8655.