

Міністерство освіти і науки України

Національна академія наук України

Мала академія наук України

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Секція
«Академічна й університетська наука»

Збірник наукових праць
за матеріалами

Всеукраїнської науково-практичної конференції
«Сучасні рецепції світоглядно-ціннісних
орієнтирів Григорія Сковороди»

02 грудня 2022 року

Том 2

Полтава 2022

СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ВЕРТИКАЛЬНИМИ РУХАМИ ГРЕБЛІ КАНІВСЬКОЇ ГЕС РІЗНИМИ ГЕОДЕЗИЧНИМИ МЕТОДАМИ

Сучасні наукові дослідження у сфері природничих наук неможливо уявити без застосування даних дистанційного зондування Землі, а також їх опрацювання за допомогою геоінформаційних систем [1]. Вебплатформи для пошуку космічних знімків забезпечують доступ до численних супутникових наборів даних. Оптичні і радарні супутники надають інформаційну базу, яка успішно використовується для планування і моніторингу на суші і в океані.

Оптико-електронні системи забезпечують детальні зображення Землі та об'єктів на ній, проте ці системи діють тільки у світлий час доби та за відсутності хмарності [2]. Для розв'язання геодезичних задач стало можливим використання радіолокаційної супутникової системи С-діапазону Sentinel-1 Європейського космічного агентства (ESA). Активний Synthetic Aperture Radar (SAR) дозволяє отримувати радіолокаційні зображення земної поверхні у будь-який час доби незалежно від метеорологічних умов і рівня природної освітленості [3]. Технологія дистанційного зондування InSAR дозволяє порівнювати два радіолокаційні зображення однієї і тієї ж території, отриманих за однакової геометрії знімання, але з різних положень датчиків. Таким чином визначається відстань до рельєфу Землі. Об'єднавши фази цих двох зображень після корекції, можна створити інтерферограму, в якій фаза сильно корелює з топографією місцевості, і можна нанести на карту характер деформації. Якщо з інтерферограм видалити фазовий зсув, пов'язаний з топографією, то різниця між отриманими продуктами покаже характер деформації поверхні між двома датами збору даних (диференціальна інтерферометрія DInSAR) [4].

Застосування супутникової радіолокації для досліджень деформації земної поверхні стає можливим в тому випадку, коли геодезична точність отриманих результатів задовільна. Для проведення вибіркового дослідження й детального аналізу методу DInSAR обрана Канівська гідроелектростанція, де з 2014 року здійснюється автоматизований геодезичний моніторинг встановлених пунктів. Результати наземного геодезичного знімання в поєднанні з даними ГНСС-спостережень і аналіз стійкості пунктів було опубліковано в працях [5–7]. Стационарні системи моніторингу просторових зміщень споруд – це мультисистемні ГНСС-приймачі, роботизовані електронні тахеометри, прецизійні інклінометри та телекомунікаційне обладнання, яке у режимі реального часу передає результати різноманітних взаємноконтрольованих вимірів на сервер мережі з метою їх математичного опрацювання і визначення достовірних параметрів зміщень і деформацій бетонних та ґрунтових гребель.

Побудова карт вертикальних зміщень базується на обробці пари радарних знімків Sentinel-1 в програмному забезпеченні SNAP (Sentinel Application Platform). Джерело супутникових радарних знімків – Copernicus Open Access Hub. Для пошуку даних можна задати полігон координатами, або вказати область території, додатково вказати параметри пошуку, а саме період зондування, супутник, Product Type, Sensor Mode. Деякі параметри задаються по замовчуванню.

Для аналізу вибраний період, що відповідає 0,6 календарного року. Так як один супутник Sentinel-1 потенційно здатний відображати одну і ту ж територію в режимі ширококутної інтерферометричної зйомки кожні 12 днів, то й обробці підлягали космічні знімки з 29.07.2020 року через кожні 12 днів по 02.03.2021 року. Всього знімків – 19. Згідно комплексних

спостережень виявлено, що в період 29.07.2020 – 03.09.2020 спостерігалось піднімання усіх пунктів греблі на 0,005÷0,015 м, далі наступні півріччя спостерігалось постійне опускання відносно 10.08.2020 року, $h_{\max} = 0,055$ м за 26.11.2020 р. Побудова карт зміщень кожної сусідньої пари знімків дала підтверджуючий результат в 13 періодах (всього 18 періодів). Результати, отримані методом супутникової радіолокації, підтверджуються і результатами, отриманими системою наземного геодезичного контролю просторових зміщень споруд.

Для пошуку причин аномалій в інших п'яти періодах вирішено перевірити метеорологічні характеристики стану атмосфери на зазначені дати в даній місцевості. Наявність опадів зафіксовано на 5 знімках: 27.09.2020 – дощ (висота опадів $\delta=0,4$ см); 08.12.20 ($\delta=1$ см), 06.02.21 ($\delta=2$ см), 18.02.21 ($\delta=26$ см), 02.03.21 ($\delta=1$ см) – сніг. Враховуючи, що протягом дня значення температури повітря змінюються, для аналізу брали нижні межі добових кількісних показників температури з метою виявлення днів зі значенням нижче 0 °С. При мінусових температурах можливі опади у вигляді снігу, обледеніння, що істотно сфальсифікує відомості щодо абсолютної висоти поверхні відбиття радіолокаційних променів.

Як відомо з фізики, радіохвилі мають високу прохідність і дають змогу отримувати зображення об'єктів через хмари, снігове й льодове покриття. Але карти вертикальних зміщень земної поверхні вказують на можливість отримання хибних результатів на дати з рясним дощем або снігопадом.

Метод диференціальної інтерферометрії DInSAR застосовується для досліджень вертикальних і горизонтальних деформацій площинних поверхонь. Для оцінки зміщень окремих геодезичних пунктів необхідно застосовувати інтерферометрію з постійним розсіюванням (PSI), в якій використовуються точкові розсіювачі з сильним зворотним розсіюванням радара протягом тривалого часу [8].

На сьогодні, в умовах воєнного стану, супутникова радіолокація набуває особливого значення. Спостереження за вертикальними рухами греблі Канівської ГЕС різними геодезичними методами підтвердило достовірність отриманих результатів. А отже, можливість не тільки взаємного використання наземних і супутникових геодезичних знімків, а й використання лише супутникової радіолокації для постійного геодезичного моніторингу і контролю зміни ситуації, особливо в місцях бойових дій, в інших важкодоступних місцях.

Література

1. Довгий С. О., Бабійчук С. М., Кучма Т. Л. та ін. Дистанційне зондування Землі: аналіз космічних знімків у геоінформаційних системах. Київ: Національний центр «Мала академія наук України». 2020. 268 с.
2. Буритинська Х. В., Станкевич С. А., Денис Ю. В. Фотограмметрія та дистанційне зондування. Львів. 2019. 212 с.
3. Kumar, P. et al. Comprehensive evaluation of soil moisture retrieval models under different crop cover types using C-band synthetic aperture radar data. *Geocarto International*. 2019. Vol. 34, pp.1022–1041,
4. Sentinel-1 SAR User Guide, URL: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-1-sar>
5. Третяк К.Р., Петров С.Л., Голубінка Ю.І., Аль-Алусі Ф.К.Ф. Аналіз стійкості пунктів системи автоматизованого геодезичного моніторингу інженерних споруд Канівської ГЕС. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2014. Вип. 80, С. 5–19.
6. Tretyak, K. et al. Installation and maintenance of automated systems for controlling spatial displacements of engineering structures of Ukrainian hydroelectric power plants. *Hydroenerhetyka Ukrainy*. 2017. Vol. 1□2, pp. 33□41.
7. Tretyak K., Palianytsia B. Research of the environmental temperature influence on the horizontal displacements of the Dnieper hydroelectric station dam (according to GNSS measurements). *Reports on Geodesy and Geoinformatics*, Vol. 113(1), pp. 1□10.
8. Nesterenko S. Methods of research of ground surface deformations on the basis of satellite radar data. *International scientific and technical conference «Geoforum-2022»*. Lviv. 2022. pp.11–14.