

ЗАСТОСУВАННЯ СУПУТНИКОВОЇ РАДІОЛОКАЦІЇ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ДЕФОРМАЦІЙ ЗЕМНОЇ ПОВЕРХНІ В ПЗ SNAP

Донедавна доступ до отримання даних дистанційного зондування був обмежений, використання космічних зображень для точного позиціонування було можливе лише для військових структур, великих компаній та окремих наукових установ. У сучасному світі маємо технологічні можливості отримання матеріалів оперативного знімання з різною просторовою розрізненістю – від 0,3 до 30 м [1]. Супутникові знімки можна використовувати для виконання різних тематичних завдань – дослідження природних ресурсів, здійснення збалансованого керування цими ресурсами, виявлення природоохоронних та екологічних порушень [2], а в геодезичних цілях методом супутникової радіолокації можна здійснювати моніторинг за зрушеннями земної поверхні [3].

Метод досліджень деформацій земної поверхні за допомогою супутникової радіолокації базується на використанні космічних знімків з КА Sentinel-1, Level-1 Ground Range Detected (GRD), зібрані в режимі Interferometric Wide swath (IW). Супутники Synthetic Aperture Radar (SAR) отримують зображення поверхні Землі, випромінюючи електромагнітні хвилі і аналізуючи відбиті сигнали. Метод вимірювання – радарна інтерферометрія (InSAR), що використовує різницю фаз між двома комплексними радіолокаційними спостереженнями SAR однієї і тієї ж території, з дещо різних позицій датчиків, і дає інформацію про відстань до рельєфу земної поверхні. Об'єднавши фази цих двох зображень після сумісної реєстрації, можна створити інтерферограму, в якій фаза сильно корелює з топографією місцевості, і можна нанести на карту характер деформації, що відбулася між двома датами збору даних.

Радіолокаційна зйомка не залежить від хмарності і освітленості територій, часу доби. Дозволяє отримати глобальну і локальну інформації про об'єкти, виконати ретроспективну обробку за рахунок використання архівної зйомки, що неможливо зробити традиційними геодезичними методами.

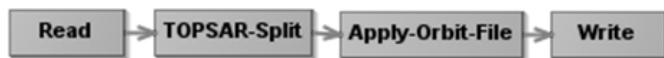
Інтерферометрична обробка даних і побудова карт зміщень на основі знімків IW може здійснюватися різними методами й інструментами.

Метод досліджень деформацій земної поверхні за допомогою супутникової радіолокації в програмному забезпеченні SNAP (Sentinel Application Platform) базується на обробці даних Sentinel-1. Для роботи найчастіше використовуються радарні знімки, завантажені на вебплатформі Copernicus Open Access Hub, яка розроблена Європейським космічним агентством за програмою Copernicus. Програма SNAP також може обробляти знімки, завантажені на Vertex ASF Data Portal і SSARA.

Для автоматизації розрахунків в SNAP застосовуються GPT і bash-скрипти, інтегровані в інформаційну систему хмарних обчислень. Завдання для обробки знімків

потрібно прописувати у Graph Builder (Конструктор графів) чотирма послідовними алгоритмами (рис. 1), обираючи необхідні команди: Read (читати) – завантаження знімків; TOPSAR-Split (TOPSAR-розділення) – перший етап обробки, розділення продукту Sentinel-1 на смуги обраних параметрів (swath, поляризація, burst'и); Apply-Orbit-File (застосувати файл орбіти) – оновлення метаданих орбіти; Back-Geocoding (зворотнє геокодування) – перетворення координат GNSS у геометричні параметри із знаходженням місцерозташування об'єкту; Enhanced-Spectral-Diversity (покращене спектральне розрізнення) – оцінка постійного азимутального зсуву між радіолокаційними зображеннями, усунення розривів фаз у сплесках; Interferogram (інтерферограма) – об'єднання фаз двох зображень, створення інтерферограми; TOPSAR-Deburst (TOPSAR-вибух) – злиття суміжних підсмуг з однаковою часовою тегою, поляризація продукту «вибуху»; TopoPhaseRemoval (видалення топографічної фази) – видалення різних топографічних відхилень відносно ряду рівномірно розташованих смуг; Multilook (мультиперегляд) – усереднення величин, що зберігаються в сусідніх пікселях зображення, збільшення розмірів пікселів, зменшення роздільної здатності; GoldsteinPhaseFiltering (фазовий фільтр Гольдштейна) – відновлення якості смуг фазового зображення (сигнал/шум) за допомогою спеціалізованого фазового фільтру Гольдштейна; SnaphuExport (експорт в SNAPHU) – експорт отриманих продуктів в SNAPHU, додаток, за допомогою якого здійснюється розгортання фази інтерферограми.

I етап:



II етап:



III етап:



V етап:

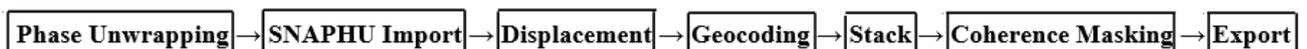


Рис. 1. Алгоритмічний процес обчислення вертикальних зміщень земної поверхні в ПЗ SNAP.

Четвертий алгоритмічний крок Phase Unwrapping (розгортання фази) передбачає розгортання відфільтрованої інтерферограми поза SNAP за допомогою додатку SNAPHU. Розгорнуті результати слід інтерпретувати як відносні вертикальні/горизонтальні зміщення між пікселями двох зображень. Оператор експорту Export створить каталог з файлами «Узгодженість», «Згорнута фаза», «Розгорнута фаза», «Файл конфігурації».

Сьогодні інноваційні технології – це незамінна складова будь-якої галузі, вони значно підвищують продуктивність, ефективність і точність. Для геодезичного моніторингу супутникова радіолокація – це сучасні новітні можливості виконання спостережень з високою міліметровою точністю навіть в тих місцях, де іншими засобами отримати інформацію неможливо. Ще однією перевагою є безпечність виконання робіт, оскільки відсутня необхідність проведення наземних польових вимірів. Проте найефективнішим використанням радіолокаційних спостережень є у спільному опрацюванні з різними іншими геодезичними методами досліджень шляхом створення комплексних систем моніторингу деформацій земної поверхні.

Список використаних джерел

1. Довгий С. О., Бабійчук С. М., Кучма Т. Л., Томченко О. В., Юрків Л. Я. Дистанційне зондування Землі: аналіз космічних знімків у геоінформаційних системах. Київ: Національний центр «Мала академія наук України», 2020. 268 с.
2. Бурштинська Х. В., Станкевич С. А., Денис Ю. В. Фотограмметрія та дистанційне зондування. Львів, 2019. 212 с.
3. Ferretti A., Fumagalli A., Novali F., Prati C., Rocca F., Rucci A. A New Algorithm for Processing Interferometric Data-Stacks: SqueeSAR. *Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 49, 2011, pp. 3460–3470.