

## ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНТРОЛЬНИХ ВИМІРІВ PSINSAR ЗА ВИСХІДНИМИ І НИЗХІДНИМИ ОРБІТАМИ

**ТРЕТЯК Ілля Олександрович**

*студент 2-го курсу ОС «Бакалавр»  
спеціальності «Геодезія та землеустрій»*

*Науковий керівник*

**НЕСТЕРЕНКО Світлана Вікторівна**

*к.т.н., доцент кафедри автомобільних  
доріг, геодезії та землеустрою*

*Національний університет*

*«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

[ab.Nesterenko\\_SV@nupp.edu.ua](mailto:ab.Nesterenko_SV@nupp.edu.ua)

Існують наземні та супутникові методимоніторингу інфраструктури. Наземні методи з використанням нівелювання або використання GNSSзабезпечують точні та надійні вимірювання в ключових точках інфраструктури, проте вони є трудомісткими та дорогими. У цьому контексті альтернативою виступають дистанційні методи досліджень. Унікальною технологією спостережень за деформаціями інженерних споруд є інтерферометрія постійного розсіювання PSInSAR, яка дозволяє дистанційно вимірювати зміщення земної поверхні та споруд з міліметровою точністю на великих територіях протягом тривалого часу [1]. В якості контрольних пунктів використовуються точки зі стабільними характеристиками відбиття радіосигналу. Щільність таких точок зазвичай низька на незабудованих заліснених територіях, а також на крутих місцевостях, що звернені до радарних датчиків. В таких випадках для моніторингу можуть застосовуватися штучні кутові відбивачі, які встановлюються на стабільну точку вимірювання (PS) з відомими координатами [2].

На карти швидкостей деформації PSI іноді можуть впливати нахили, які можуть бути спричинені некомпенсованими орбітальними помилками або некомпенсованими низькочастотними атмосферними ефектами [1]. Перевірити отримані результати можна наземними геодезичними методами, проте лише на ті періоди, коли були виконані контрольні знімання. Так як перевагами радіолокаційної інтерферометрії є можливість виконання моніторингу протягом минулого тривалого періоду, то доповненням і контрольною перевіркою може бути лише аналогічний супутниковий метод. В такому випадку достатньо змінити напрям знімання з висхідної на низхідну орбіти. Оскільки супутники рухаються по різних траєкторіях і сканують об'єкт під різними кутами, то це дозволяє виконати повторні виміри, змінивши напрям знімання з висхідної на низхідну орбіти. При висхідній орбіті (Ascending) супутник рухається з півдня на північ та вектор вимірювання спрямований під певним кутом падіння зі зміщенням у бік сходу. У низхідній

орбіті (Descending) супутник рухається з півночі на південь. Вектор вимірювання спрямований під подібним кутом, але зі зміщенням у бік заходу. Метод полягає в тому, що осідання або підняття впливає на зміну фази сигналу на обох орбітах однаково. Водночас горизонтальний рух у напрямку «Схід-Захід» викликає протилежні зміни фази: об'єкт наближається до радару на висхідній орбіті та віддаляється від нього на низхідній (або навпаки) [3]. Для оцінки якості та надійності отриманих вимірювань використовується індекс стабільності CR-Index, показники якого зазвичай варіюються в діапазоні від 0 до 1. Значення близькі до 0 притаманні найбільш стабільним об'єктам, таким як капітальні споруди чи скельні породи, що гарантує високу точність даних. Якщо ж індекс перевищує поріг 0.4, точка вважається занадто зашумленою через вплив рослинності або атмосферних перешкод, тому такі дані зазвичай вилучають з аналізу, щоб не спотворювати загальну картину деформацій. CR-Index одного й того самого об'єкта може суттєво різнитися між орбітами. Цей показник залежить не лише від самого об'єкта, а й від того, під яким кутом і з якого боку на нього дивиться радар. Більшість штучних споруд мають чітко визначену геометрію поверхонь. Якщо фасадна стіна розвернута перпендикулярно до променя радару на висхідній орбіті, вона спрацює як ідеальне дзеркало, забезпечуючи високий індекс стабільності. На низхідній орбіті супутник бачить цей же об'єкт під іншим азимуту, де сигнал може розсіюватися в сторони, що призводить до зниження якості даних [4].

Наступним етапом аналізу є порівняння таблиць даних для спільних точок обох орбіт. Із отриманих в результаті обробки таблиць вибирають спільні точки для двох орбіт і порівнюють дані. Якщо трендові лінії часових рядів співпадають, то результати для відповідних контрольних точок вважаємо дійсними.

Отримання результатів з двох орбіт супутників дуже важливо для моніторингу гребель та насипів, де деформація часто має складний характер (наприклад, осідання гребеня та горизонтальний зсув укосів). Використання обох орбіт також дозволяє уникнути помилкових інтерпретацій, пов'язаних з геометричними спотвореннями (тіні, накладання) та тепловим розширенням конструкцій, яке може по-різному проявлятися вранці та ввечері під час прольоту супутника.

### **Список використаних джерел:**

1. Persistent Scatterer Interferometry: A review / M. Crosetto et al. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. 2016. Vol. 115. P. 78–89. URL: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2015.10.011>
2. Garthwaite M. On the Design of Radar Corner Reflectors for Deformation Monitoring in Multi-Frequency InSAR. Remote Sensing. 2017. Vol. 9, no. 7. P. 648. URL: <https://doi.org/10.3390/rs9070648>

3. Hanssen R.F. Radar interferometry. Data interpretation and error analysis. 2001. URL: <https://repository.tudelft.nl/record/uuid:a83859d5-c034-427e-b6a9-114c4b008d19>
4. Enhancing dam monitoring: utilizing the CR-index for electronic corner reflector (ECR) site selection and PSI analysis / Jänichen J. et al. German Aerospace Center. 2024. URL: [https://elib.dlr.de/207279/1/Enhancing\\_Dam\\_Monitoring\\_Utilizing\\_the\\_CR-Index\\_for\\_Electronic\\_Corner\\_Reflector\\_ECR\\_Site\\_Selection\\_and\\_PSI\\_Analysis.pdf](https://elib.dlr.de/207279/1/Enhancing_Dam_Monitoring_Utilizing_the_CR-Index_for_Electronic_Corner_Reflector_ECR_Site_Selection_and_PSI_Analysis.pdf)



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННЯ**

**ЗБІРНИК ТЕЗ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ  
КОНФЕРЕНЦІЇ**

**«GEOPOINT»**

5-6 березня 2026 року

**PROCEEDINGS OF INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PRACTICAL  
CONFERENCE**

**«GEOPOINT»**

March 5-6, 2026

УДК 332.2/.7:528.4/.9"364"(082)

ISBN 978-617-8798-98-7

**«GEOPPOINT»: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, Україна, 5-6 березня 2026 року: матеріали конференції. Київ: НУБіП України. 2026. 332 с.**

*Рекомендовано Вченою радою факультету землевпорядкування Національного університету біоресурсів і природокористування України (протокол № 5 від 19 березня 2026 року)*

У збірнику матеріалів конференції подано результати сучасних наукових досліджень за секціями: землеустрій та кадастр в умовах воєнного стану та повоєнного відновлення, оцінка земель, врахування збитків та управління ризиками, геопросторові технології та ДЗЗ. Розраховано для науково-педагогічних працівників, представників науково-дослідних установ, науковців, спеціалістів установ та фахівців землевпорядного напрямку, аспірантів, студентів.

*У разі повного або часткового використання матеріалів збірника посилання обов'язкове. Автори матеріалів несуть повну відповідальність за точність наведених фактів, цитат, власних імен та інших відомостей, відповідаючи принципам академічної доброчесності.*

Відповідальні за випуск: І. А. Опенько, О. Д. Грищак