

Явтушенко М.М., студент гр.193м-24-1

Науковий керівник: Зуска А.В., к.т.н., доцент кафедри геодезії.

(Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна)

ГЕОДЕЗИЧНІ МЕТОДИ ПРИ БУДІВНИЦТВІ В УМОВАХ ЗСУВІВ

Зсуви – одна з найпоширеніших і небезпечних природних загроз, що значно ускладнює процес будівництва на зсувонебезпечних територіях. Вони призводять до пошкодження будівельних конструкцій, руйнування інфраструктури та несуть загрозу життю людей. Будівництво в таких умовах потребує особливо точного геодезичного забезпечення для виявлення, моніторингу та контролю за зміщенням ґрунтів і конструкцій. Актуальність проблеми зумовлена необхідністю забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів, що споруджуються в умовах зсувів, особливо з урахуванням зростаючої урбанізації та збільшення техногенного навантаження на схили.

Дослідженням зсувів та методів їх моніторингу займалися багато відомих вчених, що досліджували зсувні процеси у зонах інтенсивного будівництва; геодезичні методи моніторингу зсувних процесів схилів і запровадження методі GPS-спостережень на зсувонебезпечних зонах. Їхні дослідження зробили значний внесок в оцінку механізмів зсувів, засобів їх виявлення та контролю.

Як зазначено в роботі [1], просідання ґрунту в житлових районах виявляють за допомогою моніторингу дистанційного зондування, на основі якого можна своєчасно зменшити наслідки катастрофічних нещастя Просідання ґрунту, особливо в розвинених містах, може спровокувати значні ризики для життя людини, соціальної власності та стабільності міста. Для визначення захоплення території просіданням в статті [2] запропоновано прийнятну структуру для регіональних земель.

Щоб розширити розуміння механізмів деформації міської поверхні та запобігти геологічній небезпеці, в дослідженнях [3] використано два часових ряди Interferometric Synthetic: методи апертурного радара (InSAR) з даними Sentinel-1: Persistent Scatterer-InSAR. Проте, швидкий темп розвитку технічного прогресу, виставив нові вимоги у вдосконаленні методів і запровадження нових технологій для моніторингу та забезпечення стабільності зсувонебезпечних ділянок.

Сучасна ситуаційна проблеми вивчення зсувних процесів показує недостатній рівень комплексного підходу до моніторингу зміщень на будівельних майданчиках. Багато сучасних методів, таких як інклінометрія супутникова та радарна інтерферометрія (InSAR) часто залишаються недоступними для широкого застосування через вартість або технічну складність обладнання [1, 4]. Але часто виникає потреба у швидкому реагуванні та отриманні даних для корегування будівельних робіт, чого неможливо досягти без впровадження високоточних геодезичних методів.

На підставі того виникла ідея в розробленні системного підходу до моніторингу зсувів на будівельних майданчиках із застосуванням різноманітних геодезичних методів для виявлення, контролю та стабілізації зсувонебезпечних ділянок. Поєднання традиційних методів: полярні координати; кутові та лінійні засічки; високоточне нівелювання; та сучасних дозволяють отримати точні й ефективні дані про зміщення ґрунту та будівельних конструкцій для оперативного контролю ситуації.

Застосування сучасних технологій значно вдосконалює процеси моніторингу та стабілізації зсувонебезпечних ділянок. Серед таких методів виділяються:

1. GPS та GNSS-спостереження – глобальні навігаційні супутникові системи, які дозволяють отримувати високоточні дані про зміщення ґрунту в режимі реального часу. Це важливо для оперативного реагування на зміни.

2. Лазерне сканування (LiDAR) забезпечує високоточне тривимірне моделювання поверхні ґрунту й допомагає виявляти навіть незначні зміщення, які можуть стати критичними.

3. Інклінометри – використовуються для вимірювання нахилу ґрунту, що дає можливість передбачати можливі зсуви і вживати запобіжні заходи [4].

4. Супутникова радарна інтерферометрія (InSAR) дозволяє виконувати моніторинг на великих територіях і виявляти зміщення поверхні з точністю до міліметра.

Штучний інтелект (ШІ) та машинне навчання можуть значно покращити ефективність моніторингу. Вони дозволять аналізувати великі обсяги даних і виявляти такі, що можуть вказувати на наближення зміщень. Інтеграція ШІ з геодезичними даними дозволяє створити інтелектуальні системи попередження та управління ризиками.

Результати попередніх досліджень показують, що використання різних традиційних геодезичних і сучасних методів у комплексі дозволяє вчасно реагувати на зміни стану ґрунту й зменшувати ризик для будівельних об'єктів і це підвищує їхню довговічність. Такий підхід дає можливість оцінити динаміку зсувних процесів та дозволяє адаптувати будівельні методи під реальні умови на місцевості. Це сприятиме подальшому розвитку теорії геодезії в умовах нестабільності ґрунту та забезпечуватиме перспективу безпечного та стабільного будівництва у зсувонебезпечних районах, що є для сучасної будівельної галузі критичне.

В різних країнах світу вже застосовуються інноваційні підходи до моніторингу зсувів: Наприклад, в Японії активно використовує GPS-спостереження та інклінометрію для моніторингу зсувів в урбанізованих районах. Це допомагає запобігати катастрофам в умовах високої щільності забудови; в Італії використовують супутникову радарну інтерферометрію для моніторингу зсувів у гірських районах, що дозволяє вчасно виявляти небезпечні зони. Розвиток та впровадження інноваційних технологій у моніторинг зсувів є надзвичайно важливим для підвищення безпеки будівництва на зсувонебезпечних територіях. Комплексний підхід, що поєднує різноманітні геодезичні методи з використанням сучасних технологій, дозволяє вчасно реагувати на зміни у ґрунтах і забезпечувати надійність та довговічність будівельних об'єктів.

Список використаних джерел

1. A Karunathilake, M Ohashi, S Kaneta, T Chiba. / Tunnel-induced land subsidence assessment in a densely populated residential area using Sentinel-1 PS-InSAR - Discover Geoscience, 2024

2. Y Qin, L Cao, S Li, F Ye, AD Bolorani, Z Liang. / [Multisource Geoscience Data-Driven Framework for Subsidence Risk Assessment in Urban Area...](#) - International Journal of, 2024.
[/https://mail.google.com/mail/u/0/#inbox/FMfcgzQXJsztKCKwblZTVdfQNCHLdmxC](https://mail.google.com/mail/u/0/#inbox/FMfcgzQXJsztKCKwblZTVdfQNCHLdmxC)

3. B Li, Y Peng, SF Tang, Y Li, B Wang. / [Monitoring and Prediction of Surface Subsidence by Combining SSA-LSTM and TS-InSAR-A Case Study of Kunming Urban Area](#), J Li - 2024

4. Смирнов В.І. Інклінометрія та її застосування в геодезії: навчальний посібник / – Одеса: ОНУ імені І.І. Мечникова, 2018. 100 с.