

УДК 004.9:550.34

Д. Клочко, Ю. Лещишин, к.т.н., Р. Жаровський, к.т.н.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

МЕТОДИ І ЗАСОБИ МОНІТОРИНГУ СЕЙСМІЧНОЇ АКТИВНОСТІ ЗЕМНОЇ КОРИ

D. Klochko, Yu. Leshchynshyn, Ph.D., R. Zharovskyi, Ph.D.

METHODS AND MEANS OF MONITORING SEISMIC ACTIVITY OF THE EARTH'S CRUST

Моніторинг сейсмічної активності земної кори є надзвичайно актуальним оскільки є джерелом інформації для прогнозування природних катастроф, для розробки систем раннього попередження про землетруси, для наукового вивчення процесів у земній корі, для підвищення безпеки інфраструктури тобто будівництва стійких до землетрусів будівель і споруд, а також допомагає оцінити ризики для існуючих конструкцій. Також, що важливо сейсмічна активність часто пов'язана з іншими природними явищами, такими як цунамі, зсуви, та вулканічні виверження. Загалом покращення механізмів моніторингу сприяє зменшенню економічних збитків від землетрусів, які можуть спричинити руйнування інфраструктури, збої у виробництві та переселенню населення.

Моніторинг сейсмічної активності земної кори здійснюється за допомогою різних методів і технологій. Ці методи поділяються на кілька груп залежно від підходу [1-2].

1. Сейсмометри є основними приладами для моніторингу. Вони реєструють коливання земної поверхні, викликані тектонічною активністю. Дані сейсмометрів дозволяють визначати параметри землетрусів та будувати сейсмічні карти небезпеки.

2. ГНСС -приймачі (глобальні навігаційні супутникові системи) використовуються для моніторингу зсувів земної кори з точністю до міліметрів відслідковуючи рухи тектонічних плит.

3. Радіолокаційна інтерферометрія (InSAR) базується на аналізі даних, отриманих із супутників. І використовується для вимірювання вертикальних і горизонтальних зсувів земної поверхні.

4. Геофізичні спостереження за допомогою магнітометрів та гравіметрів, які реєструють зміни у магнітному полі Землі та гравітаційних аномаліях. Що можуть свідчити про зміни напруженості земної кори, тобто є передвісниками землетрусів.

5. Хімічний аналіз газів у ґрунті чи водах дозволяє виявляти аномалії, які можуть бути ознаками сейсмічної активності.

6. Акустичні спостереження за допомогою гідрофонів та акустичних сенсорів використовуються для виявлення низькочастотних звуків, які виникають через тектонічні рухи.

7. Сейсмічні мережі, що формують системи з великою кількістю сейсмічних станцій (локальні, регіональні, глобальні), які забезпечують постійний моніторинг в режимі реального часу.

8. Моніторинг за допомогою датчиків у свердловинах, що дозволяє збирати інформацію з глибоких шарів земної кори.

9. Використання штучного інтелекту для аналізу великих обсягів даних від сейсмометрів, супутників і інших сенсорів, щоб прогнозувати можливі землетруси.

З усіх цих методів найбільш масовим є формування сейсмічних мереж із великою кількістю сейсмометрів на значних віддальх, що формують мережі із безпроводним зв'язком із наступною передачею даних провідниковими мережами. Такі сейсмометри повинні використовувати надійні засоби зв'язку із мінімальним споживанням енергії та значною дальністю зв'язку для забезпечення тривалої роботи від акумуляторів і покривати значні території безпроводними пристроями. Такий зв'язок забезпечує сучасний протокол обміну LoRa™ із можливістю формувати розгалужену мережу і об'єднанням її з провідними мережами ТСП. Така реалізація дозволить працювати в реальному часі із мінімальним споживанням енергії.

Такі сейсмометри повинні виконувати мінімальне опрацювання сигналів базуючись на їх моделях, для подальшої передачі каналами зв'язку із мінімальними втратами і спотвореннями інформації [3-6]. Отримана таким чином інформація слугуватиме базою для моделювання тектонічних процесів за допомогою штучного інтелекту.

Для побудови розгалужених сейсмометричних мереж необхідно побудувати комп'ютеризовану систему відбору і передавання інформації безпроводними каналами зв'язку, що базуються на моделях сейсмічних сигналів для мінімізації втрат і спотворень інформації при передаванні даних. Така система повинна забезпечувати надійний зв'язок на значних відстанях із захистом інформації від зловмисного спотворення і працювати в режимі реального часу із мінімальним споживанням енергії акумуляторної батареї.

Література

1. Bruno, P.P.G. Seismic Exploration Methods for Structural Studies and for Active Fault Characterization: A Review. *Appl. Sci.* 2023, 13, 9473. <https://doi.org/10.3390/app13169473>
2. Sedat H (2024). Seismic Faults: Mechanisms, Impacts, and Monitoring Techniques. *J Geol Geophys.* 13:1185.
3. Жаровський Р.О., Щербак Л. М. Моделі геофізичних сигналів на основі лінійних випадкових процесів. *Вісник ТДТУ.* 2009. №1. С. 138–144.
4. Жаровський Р., Щербак Л. Задачі обробки геофізичних сигналів при дії завад дискретною кореляційною системою з вхідними ортогональними фільтрами. *Вісник ТДТУ.* 2010. Том 15. № 2. С. 172–181.
5. Жаровський Р.О. Кореляційні ортогональні системи у задачах оброблення геофізичних сигналів. *Науковий вісник НЛТУ України: Збірник науково-технічних праць.* Львів: РВВ НЛТУ України. 2010. № 20.7. С. 283–292.
6. Kozlovskiy V., Scherbak L., Martyniuk H., Zharovskyi R., Balanyuk Y., Boiko Y. Applying an adaptive method of the orthogonal laguerre filtration of noise interference to increase the signal/noise ratio. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 2020. №2/9(104). Pp. 14-21.