

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В НАУЦІ ТА ОСВІТІ

УДК 681.5.015, 681.518, 681.513.7, 681.513.8

**АВТОМАТИЧНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ І КОНТРОЛЬ ПОШКОДЖЕНЬ БУДІВЕЛЬ
ТА СПОРУД ПРИ СТРУКТУРНОМУ МОНІТОРИНГУ**

Автор – **Басько А. В.**, аспір.

Наукові керівники – **Пономарьова О. А.**, канд. техн. наук, доц.;

Прокопчук Ю. О., докт. техн. наук, доц.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури

Постановка проблеми. Використання сучасних бездротових сенсорних мереж ускладнене тим, що налаштування і відлагодження алгоритмів обробки даних займає багато часу, а вартість одиниці сенсорного вузла непомірно велика. Все це призводить до регресу використання даної технології моніторингу у великих масштабах.

Мета дослідження. Методи та засоби ідентифікації і контролю будівель та споруд можуть ефективно забезпечити даними про стан будівлі, різного роду пошкоджень, які з певною вірогідністю можуть виникати як на етапі будівництва, так і в процесі експлуатації.

Дослідження націлено на комплексне вдосконалення технології ідентифікації та контролю при моніторингу будівель та споруд. По-перше, це пошук більш вдалого апаратного рішення з економічної точки зору. По-друге, це використання алгоритмів машинного навчання для автоматизації налаштування та обробки інформації.

Результати дослідження. Основним компонентом автоматичної системи моніторингу є сенсорний блок, від якості роботи якого залежить і правильність роботи усієї системи у цілому. Дана технологія набирає обертів застосування у різних областях промисловості, нажалі в Україні така технологія недооцінена.

Сучасний розвиток складових в ІТ-галузі привів до використання бездротових технологій, що дозволяє здійснювати більш гнучкий монтаж, з меншою вартістю обслуговування та віддаленим контролем, у порівнянні з дротовими системами.

Загалом, у якості чутливого елемента, незалежно від області застосування системи, обирають акселерометр, його фізичні властивості задовольняють параметрам в ідентифікації: деградації конструкцій, пошкоджень та руйнувань. Більшу частину ринку охоплюють комерційні платформи сенсорних блоків, побудованих на базі Xnode та Imote 2 [1; 2].

Для забезпечення економічної доцільності було обрано наступну елементну базу: мікроконтролер фірми ST Microelectronics WB55, у парі з MEMS акселерометром ST Microelectronics LIS3DSH.

Було отримано дані акселерометрів (рис.) зеленим кольором показані значення векторів в неушкоджених станах, а червоним кольором зазначенні вектори нових значень. Якщо виконати оцінку, базуючись на середньо арифметичних значеннях, тоді $z1 > z1_new$ пошкоджень немає, а при $z2 < z2_new$ пошкодження є.

Існує декілька підходів ідентифікації пошкоджень конструкції, які відображено нижче. Критерій χ^2 квадрат, який дозволяє оцінити значимість відхилення номінального вектора значень від пошкодженого вектора, який обчислюється за формулою :

$$\chi_n^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (1)$$

Для оцінки критерію χ^2 квадрат використовується критичне значення при певному рівні значущості. Так, при рівні значущості 0,95 критичне значення становить 3,325. Це

означає, що у першому випадку дані свідчать про неушкоджений стан, а у другому навпаки [3].

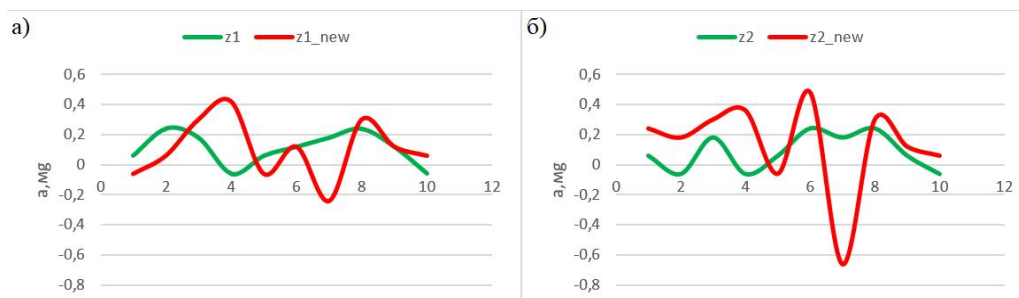


Рис. Дані акселерометрів : а) перший сенсор; б) другий сенсор

Використання евклідової норми дозволяє визначити одномірну межу, з певним процентом достовірності. Таким чином, отримане значення, яке знаходиться за межами діапазону, буде оцінено евклідовою нормою, котру отримано за формулою :

$$|DI| = \sqrt{\sum_{i=1}^n |z_i|^2} \tag{2}$$

Альтернативним підходом у ідентифікації пошкоджень є використання відстані Махаланобіса. Ця міра добре себе проявляє при виявленні викидів. Для обчислення відстані Махаланобіса використовують формулу 3, в якій μ – це центрований вектор з вектору навчання, а z вектор досліджуваних даних [4].

$$DI(z) = (z - \mu) \cdot \sum_{\square}^{-1} (z - \mu)^T \tag{3}$$

Чим ближче дані знаходяться до центру, тобто до 0, то вони менше відхилені від нього і значення відстані Махаланобіса наближено до 0. Результати розрахунків наведено у таблиці.

Таблиця

Отримані результати обчислень різних мір

Вектор	Середньо-арифметичне	Хі-квадрат	Евклідова норма	Відстань Махаланобіса
z1	0.108	3.273	0.472	0.04
z1_new	0.102		0.676	
z2	0.084	11.143	0.449	0.21
z2_new	0.132		1.043	

Висновки. Використання систем автоматичної ідентифікації та контролю за конструкціями і будівлями є невід’ємною частиною сучасної системи керування об’єктами моніторингу. Отже, використання більш дешевої елементної бази дозволяє у достатній мірі забезпечити потреби, пов’язані з обчислювальними можливостями. А у купі з алгоритмами машинного навчання будувати системи, які не поступаються сучасним аналогам в точності. Також, така система буде економічно доцільна у сучасних реаліях будівництва.

Список використаних джерел

1. B. F. Spencer and oth. Next Generation Wireless Smart Sensors Toward Sustainable Civil Infrastructure. *Procedia Engineering*. 2017. Vol. 171. Pp. 5–13. URL: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.304>

2. Rice J. A. And oth. Flexible smart sensor framework for autonomous structural health monitoring. *Smart Structures and Systems*. 2010. Vol. 6, Pp. 423–438. URL: https://doi.org/10.12989/sss.2010.6.5_6.423

3. Статистический анализ в MS Excel. [Електронний ресурс]. URL: <https://statanaliz.info/statistica/proverka-gipotez/kriterij-soglasiya-pirsona-khi-kvadrat/>

4. Nobari A. S. *Vibration-Based Techniques for Damage Detection and Localization in Engineering Structures*. World Scientific Publishing Europe Ltd, 2018. 200 p.