

## Data-Driven metody pro monitorování komponent kritické infrastruktury

### Data-Driven Methods for Monitoring Critical Infrastructure Components

**Studijní program:** Bezpečnostní technologie, systémy a management

**Ústav fakulty:** Ústav bezpečnostního inženýrství

**Školitel:** prof. Ing. Martin Hromada, Ph.D.

**Konzultant:** prof. Ing. Zuzana Komínková Oplatková, Ph.D.

#### **Anotace:**

Monitoring technického stavu prvků kritické infrastruktury je zásadní pro zajištění bezpečného a spolehlivého provozu systémů, jako jsou mosty, produktovody, strategické budovy nebo elektroenergetická infrastruktura. V závislosti na provozním zatížení a environmentálních podmínkách může skutečná míra degradace jednotlivých prvků probíhat odlišně, než předpokládá projektovaná životnost. Degradace konstrukcí často probíhá skrytě a její důsledky mohou vést k náhlým selháním s potenciálně rozsáhlými dopady na provoz kritické infrastruktury.

Monitorování technického stavu prvků kritické infrastruktury je u nás stále převážně reaktivní a omezené na lokální periodické kontroly nebo analýzu modálních parametrů. Iniciativy využívající prediktivní data-driven a metody strojového učení (machine learning, ML) pro prediktivní diagnostiku jsou zatím realizovány převážně v Číně.

V návaznosti na identifikovanou výzkumnou mezeru představuje významnou příležitost integrace metod strojového učení a data-driven přístupů pro prediktivní monitoring kritické infrastruktury, která umožní posun od tradičních reaktivních strategií údržby k prediktivnímu a kontinuálnímu monitoringu. Takový přístup umožní vyhodnocovat chování infrastruktury s ohledem na provozní zatížení a environmentální podmínky, identifikovat odchylky mezi predikovaným a měřeným chováním, sledovat dlouhodobé trendy a predikovat potenciální rizika. Tím se zvýší odolnost a bezpečnost jednotlivých systémů. Cílem práce bude proto výzkum a aplikace moderních datově orientovaných metod pro prediktivní monitoring kritické infrastruktury. Práce tak přinese nový pohled na to, jak lze využít dostupných dat a analytických technik k lepšímu pochopení degradace a dynamiky kritických komponent.

#### **Literatura:**

- [1] Zhao, L., Huang, X., Zhang, Y., Tian, Y., & Zhao, Y. (2019). A Vibration-Based Structural Health Monitoring System for Transmission Line Towers. *Electronics*, 8(5), 515. <https://doi.org/10.3390/electronics8050515> ,Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2079-9292/8/5/515>
- [2] Zhao, L., Liu, Z., Yuan, P., Wen, G., Huang, X.: Vibration feature extraction and fault detection method for transmission towers. *IET Sci. Meas. Technol.* 18, 203–218 (2024). <https://doi.org/10.1049/smt2.12179>. Dostupné z: <https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1049/smt2.12179>
- [3] Wang Zhangqi, Wang Jian, and Zuo Li. (2016). Transmission Tower Vibration Analysis System Based on Internet of Things. Dostupné z: <https://www.ijmmm.org/vol4/274-IC016.pdf>

- [4] Karami-Mohammadi, R., Mirtaheri, M., Salkhordeh, M., & Hariri-Ardebili, M. A. (2020). Vibration Anatomy and Damage Detection in Power Transmission Towers with Limited Sensors. *Sensors*, 20(6), 1731. <https://doi.org/10.3390/s20061731>. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/1424-8220/20/6/1731>
- [5] Hong, H., Wu, K., Yue, M. and Dai, A. (2023). Intelligent identification algorithm and key point detection of abnormal vibration of transmission tower based on machine learning. *International Journal of Emerging Electric Power Systems*, Vol. 24 (Issue 4), pp. 423-432. <https://doi.org/10.1515/ijeeps-2023-0002>. Dostupné z: <https://www.degruyterbrill.com/document/doi/10.1515/ijeeps-2023-0002/html>
- [6] Heung-Fai Lam, Tao Yin. (2011). Dynamic reduction-based structural damage detection of transmission towers: Practical issues and experimental verification. *Engineering Structures*. Volume 33. Issue 5. Pages 1459-1478. ISSN 0141-0296. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2011.01.009>. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014102961100023X>
- [7] Zhicheng Liu, Guanru Wen, Jiayue Cui, Long Zhao, Xinbo Huang. (2025). Research on modal recognition technology and vibration response analysis of transmission tower. *Measurement*. Volume 245. 116634. ISSN 0263-2241. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2024.116634>. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263224124025193>
- [8] Kouchaki, M., Salkhordeh, M., Mashayekhi, M., Mirtaheri, M., & Amanollah, H. (2023). Damage detection in power transmission towers using machine learning algorithms. *Structures*, 56, 104980. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2023.104980>, Dostupné z: <https://www.bohrium.com/paper-details/damage-detection-in-power-transmission-towers-using-machine-learning-algorithms/894066236038578755-4142>
- [9] Wang, L., Liu, C., Zhu, X., Xu, Z., Zhu, W., & Zhao, L. (2021). Active Vibration-Based Condition Monitoring of a Transmission Line. *Actuators*, 10(12), 309. <https://doi.org/10.3390/act10120309>, Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2076-0825/10/12/309>