

## **ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ЯК ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ТОЧНОСТІ В ТЕРМОМЕТРІЇ**

Пуцин Р. В.

e-mail: [roman.pushchyn@nure.ua](mailto:roman.pushchyn@nure.ua)

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ІВТ  
м. Харків, Україна

The study is devoted to the analysis of the possibilities of using artificial intelligence to solve modern problems in the field of measurements in thermometry. Key approaches to the integration of artificial intelligence are considered to simplify the process of modeling and data processing in thermometry. An analysis of the main problems of modern thermometry was carried out, which allows working with machine learning (ML) algorithms for analyzing large amounts of data. It was determined that the use of self-calibrating thermocouples will ensure the robustness and accuracy of thermometric studies.

Термометрія є критично важливою в багатьох галузях, включаючи медицину, промисловість, енергетику, машинобудування, екологію, тощо. Багато методів термометрії є неоптимальними через обмеженість використовуваних методів аналізу.

На відміну від традиційних методів, які мають обмеження щодо точності та швидкості, штучний інтелект (ШІ) відкриває нові можливості для термометрії. ШІ дозволяє не лише підвищити точність вимірювань, але й автоматизувати обробку даних та адаптуватися до різних умов.

Сучасна термометрія стикається з низкою значних проблем, що обмежують її ефективність. Основною з них є низька надійність вимірювань в складних умовах, де на стан приладів й результати їх роботи впливають зміни температури навколишнього середовища, вологість, тиск та радіаційне опромінення. Крім того, обмежена швидкість реакції на зміни температури ускладнює моніторинг динамічних процесів, а часта необхідність калібрування та обслуговування обладнання збільшує експлуатаційні витрати. Зрештою, складність інтерпретації даних у реальному часі створює додаткові труднощі для оперативного прийняття рішень.

Для роботи в умовах, де точність вимірювань може бути обмежена, сучасна термометрія використовує такі технології, як термопари з самокалібруванням. Вони забезпечують достатню стабільність і точність вимірювань, особливо в екстремальних умовах. Найбільш впливовими сферами застосування симбіозу термопар із самокалібруванням та ШІ є нафтохімічна промисловість, атомна енергетика, аерокосмічна та космічна галузі, виробництво чавуну та сталі, нафтогазова промисловість, автомобільна промисловість та багато інших. Також промисловість з моніторингом температури в реальному часі на виробництві для запобігання

перегріву обладнання; енергетика, де край важливим є оптимізація роботи енергетичних систем за критерієм точного контролю температури активної зони, екологія з моніторингом та аналізом екосистемних даних на основі даних з сенсорних мереж, тощо.

Аналіз даних, отриманих з цих датчиків, за допомогою алгоритмів машинного навчання (МН) дозволяє прогнозувати та коригувати показання температури в реальному часі, враховуючи вплив зовнішніх факторів. Додатково, застосування нейронних мереж (Deep Learning) для обробки складних даних дозволяє аналізувати плато плавлення реперних точок олова (Sn), цинку (Zn), алюмінію (Al), міді (Cu) та автоматизувати відповідне повторне калібрування на місці, забезпечуючи стабільні вимірювання температури з невизначеністю калібрування менше ніж 1°C.

Очевидні переваги впровадження штучного інтелекту (ШІ) в термометрію включають: підвищення надійності вимірювань завдяки аналізу великих обсягів даних, скорочення часу реакції на зміни температури, автоматизацію процесів калібрування та обслуговування. Застосування ШІ також забезпечує можливість інтеграції з іншими системами, підвищення енергоефективності та розвиток ефективніших алгоритмів, включаючи використання квантових обчислень.

Впровадження ШІ значно покращить продуктивність досліджень у різних галузях, від медицини до енергетики. Майбутні дослідження спрямовані на подолання технічних викликів та розширення сфер застосування.

Таким чином, інтеграція ШІ в термометрію суттєво розширює можливості температурного моніторингу, забезпечуючи низьку невизначеність вимірювань, швидкість обробки даних та адаптивність.

#### Список використаних джерел:

1. Jonathan Pearce, Radka Veltcheva, Declan Tucker, Graham Machin. Progress towards in-situ traceability and digitalization of temperature measurements. Acta IMEKO 2023.  
<https://doi.org/10.21014/actaimeko.v12i1.1386>.
2. S. Bilson, A. Thompson, D. Tucker, J. Pearce. A machine learning approach to automation and uncertainty evaluation for self-validating thermocouples. NIST Special Publication 2100, NIST SP 2100-05, ITS10 Conference Digest, Tenth International Temperature Symposium, Anaheim, CA USA, April 3-7, <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.2100-05.2023>. P. 85.
3. E.S. Webster. Low-Temperature Drift in MIMS Base-Metal Thermocouples// International Journal of Thermophysics, 35. 2014. P.574-595.
4. F. Edler, P. Seefeld. Self-validating contact thermometry sensors for higher temperatures. Measurement Science & Technology: 26 (2015).
5. Elliott C J, Greenen A D, Tucker D J L and Pearce J V. A slimline integrated self-validating thermocouple: initial results Int. J. Thermophys. 2017.