

УДК 004.8:66.021.1

МЕТОДИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ВИМІРЮВАНЬ МАСОВОЇ ВИТРАТИ РІДИНИ

Бяллович Д.Ю.

e-mail: biallovych@gmail.com

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

In modern industrial processes, accurate measurement of fluid mass flow is critically important for efficient resource management and increased productivity.

Traditional measurement methods have limitations in terms of accuracy, adaptability to different operating conditions, and real-time data processing.

The use of artificial intelligence (AI) methods enhances measurement accuracy, reduces errors, and optimizes costs for sensor systems, offering new approaches to improving the accuracy, reliability, and efficiency of fluid mass flow measurements.

This study examines the main AI methods used to optimize fluid mass flow measurements, their advantages, and development prospects.

Вимірювання масової витрати рідини є ключовим процесом у нафтогазовій, хімічній, енергетичній та водопостачальній галузях. Точність вимірювань безпосередньо впливає на ефективність виробництва, безпеку та економію ресурсів.

Класичні методи (коріолісові, ультразвукові та диференційно-теплові сенсори витратоміри на основі перепаду тиску, ультразвукові прилади) часто недостатньо точні в умовах змінних параметрів рідини (температура, в'язкість, тиск) або при наявності зовнішніх перешкод (вібрації, забруднення). ШІ дозволяє оптимізувати вимірювання через аналіз великих даних, адаптацію до динамічних умов та автоматизацію процесів. Крім того, основні обмеження традиційних підходів не дозволяють забезпечити питому чутливість до змін фізико-хімічних властивостей рідини, вимагають необхідності періодичної калібрування обладнання. Традиційним методам притаманні низька швидкість обробки даних у реальному часі та мають складність інтеграції з сучасними системами IoT.

Існуючі методи ШІ, а саме машинне навчання (ML), глибоке навчання (Deep Learning), гібридні та адаптивні системи забезпечують та сприяють прогнозуванню витрати на основі даних з сенсорів (тиск, температура, швидкість), визначають аномалії (турбулентність, кавітація) за допомогою алгоритмів SVM (Support Vector Machine) або Random Forest. Крім того, підтримують виконання калібрування витратомірів в реальному часі звикористанням даних для автоматичної корекції похибок вимірювань. Метод глибокого навчання (Deep Learning), як один з методів ШІ, базується на нейронних мережах, забезпечує обробку складних сигналів з ультразвукових або електромагнітних витратомірів, виконує прогнозування

витрати на основі часових рядів LSTM (long short-term memory-мережі). На основі згорткових нейронних мереж CNN(convolutional neural network) проводить аналіз візуальних даних (наприклад, зображень потоку рідини).

Щодо практичного застосування, оптимізація вимірювань масової витрати рідини забезпечує у нафтогазовій промисловості моніторинг витрати нафти/газу з урахуванням змін тиску та температури в трубопроводах, в хімічній- контроль витрати агресивних рідин із змінною густиною. Стосовно розумних (smart) водопровідних мереж забезпечується оптимізація витрати води з використанням IoT-сенсорів та алгоритмів ШІ.

Виходячи з цього, вочевидь переваги використання ШІ в цієї галузі вимірювань, це підвищення точності, шляхом зменшення невизначеностей на 15-30% порівняно з класичними методами, енергоефективність (оптимізація роботи насосів та інших систем); автоматизація завдяки зменшенню витрат на обслуговування та калібрування та, нарешті, масштабованість, тобто легка інтеграція зі складними системами (цифрові двійники).

Штучний інтелект відкриває нові можливості для покращення точності, надійності та ефективності вимірювання масової витрати рідини.

Впровадження ШІ у цю сферу може значно підвищити ефективність у різних галузях, від нафтогазової промисловості до водопостачання.

Майбутні дослідження повинні бути спрямовані на подолання технічних викликів, розширення сфер застосування на розробці гібридних методів, що поєднують традиційні вимірювальні технології з сучасними алгоритмами машинного навчання.

Список використаних джерел:

1. Miller, R. W. (1996). Flow Measurement Engineering Handbook. McGraw-Hill Education.
2. Li, Y., & Wang, J. (2018). Parallel Flow Metering Systems: Design and Applications. Journal of Fluids Engineering, 140(5), 050801.
3. Yokoi, Y., & Tsuchiya, M. (2017). Industrial Applications of Parallel Flow Meters in Oil and Gas Pipelines. International Journal of Multiphase Flow, 95, 123-135.
4. Wang, L., & Chen, Z. (2021). Mathematical Modeling of Parallel Flow Meters for Accurate Mass Flow Rate Estimation. Applied Mathematical Modelling, 89, 567-582.
5. Smith, J., & Brown, A. (2019). Data Fusion Techniques for Parallel Flow Meter Arrays. Sensors, 19(12), 2789.