

КАЛІБРУВАННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Довгополий С.О.

Науковий керівник – к.т.н., доцент. Запорожець О.В.

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

e-mail: serhii.dovhopolyi@nure.ua

Traditional methods of calibrating measuring equipment require considerable effort, time and resources. The use of artificial intelligence, in particular artificial neural networks (ANNs), allows to minimize human involvement and increase the accuracy of calibration. This not only reduces calibration time, but also improves overall efficiency. A complex algorithm for calibration of measurement tools using artificial neural networks is proposed. Artificial intelligence technologies open up new prospects for automation and increasing the efficiency of calibration processes, which is an important factor in modern conditions.

Точність засобів вимірювальної техніки є важливою складовою для забезпечення достовірних результатів вимірювань. Традиційні методи калібрування засобів вимірювальної техніки вимагають значних зусиль, часу та ресурсів. У процедурах калібрування людина відіграє ключову роль, визначаючи методи калібрування, відповідаючи за контроль якості вихідних даних та вирішення можливих проблем у процесі калібрування.

Доведено, що людський фактор є одним із ключових джерел похибок при калібруванні, що може впливати на достовірність результатів[2].

Кваліфікація фахівця не гарантує повної відсутності похибок, вплив різних факторів таких як: суб'єктивність інтерпретації результатів вимірювань, неправильне налаштування та калібрування приладів, недотримання вимог щодо калібрування та перевірки засобів вимірювання, помилку у розрахунках, втому, неухважність – впливає на результати при калібруванні. Фахівець відповідає за умови калібрування, вибір еталонів та зразків для порівняння, а також дотримання процедур і протоколів. Помилки на цих етапах можуть викликати неточності результатів вимірювань.

Впровадження автоматизації калібрування на базі штучних нейронних мереж дозволяє мінімізувати вплив людського фактору, підвищити об'єктивність та точність калібрування.

Штучні нейронні мережі (ШНМ) відкрили нові можливості для оптимізації різних технологічних процесів. Однією з таких областей є вимірювальна техніка та її калібрування, де застосування ШНМ може призвести до значного зменшення похибок при калібруванні.

Застосування штучних нейронних мереж при калібруванні дозволить вирішити багато з представлених проблем, забезпечуючи автоматизоване

калібрування засобів вимірювальної техніки. ШНМ можуть адаптуватися до змін у середовищі та компенсувати знос обладнання, забезпечуючи стабільні та надійні вимірювання, бути навчені розпізнавати патерни у вимірювальних даних та коригувати відхилення безпосередньо під час використання. Це дозволить скоротити час, необхідний для калібрування, та підвищить ефективність процесу.

Алгоритм створення та навчання штучної нейронної мережі:

1. Збір даних, створення Dataset – підготовка навчальних даних на основі відомих еталонних значень, стандартів і відповідних показників приладу для різних умов вимірювання.

2. Вибір архітектури. Архітектури нейронних мереж, які можна застосувати для вирішення завдання калібрування:

– згорткові нейронні мережі (Convolutional Neural Networks, CNN). Ефективні для аналізу даних, що мають "просторову" структуру – зображення, аудіо, відео;

– рекурентні нейронні мережі (Recurrent Neural Networks, RNN). Добре працюють з послідовними даними, коли потрібно враховувати контекст і динаміку в часі;

– глибокі нейронні мережі (Deep Neural Networks, DNN). Мають велику кількість шарів, що дозволяє моделювати складні залежності в даних;

– нейронні мережі з довгою короткочасною пам'яттю (Long Short-Term Memory, LSTM). Різновид RNN, оптимізований для запам'ятовування віддалених залежностей в даних;

– згортаючі нейронні мережі (Convolutional LSTM, ConvLSTM). Поєднують можливості CNN і LSTM;

– рекурентні нейронні мережі з затримками в часі (Time Delay Neural Network, TDNN). Використовують затримки для обробки динамічних даних.

3. Машинне навчання – навчання багатошарової нейронної мережі на підготовлених даних[6]. Мережа навчається встановлювати залежність між еталонними значеннями і показниками приладу.

4. Ініціалізація ваг мережі. Встановлення випадкових початкових ваг з'єднань між нейронами, ініціалізація зміщень нейронів.

5. Тренування мережі. Поетапна подача навчальних даних на вхід мережі, обчислення значення функції втрат, коригування ваг та зміщень за алгоритмом оптимізації, повторення до мінімізації функції втрат.

6. Перевірка якості навчання. Тестування мережі на контрольній вибірці даних. Оцінка точності результатів мережі, коригування архітектури та гіперпараметрів за необхідності.

7. Застосування навченої мережі. Використання мережі для прогнозування еталонних значень та порівняння прогнозів з реальними

даними приладу коригування налаштувань приладу за результатами порівняння.

8. Порівняння виходу нейромережі (розрахункових еталонних значень) з реальними показниками приладу.

9. Якщо різниця перевищує допустиму похибку, робиться висновок про необхідність калібрування приладу.

10. Коригування показників приладу для мінімізації відхилення від еталонних значень.

11. Повторення процедури контролю після калібрування.

Застосування штучних нейронних мереж в калібруванні засобів вимірювальної техніки є перспективним напрямком розвитку. Ця технологія дозволяє значно підвищити точність та ефективність процесу калібрування.

По-перше, нейронні мережі здатні з високою точністю моделювати складні нелінійні залежності між показниками приладів та еталонними значеннями. Це дає змогу підвищити адекватність математичних моделей, що використовуються при калібруванні.

По-друге, алгоритми глибинного навчання дозволяють автоматизувати процедури порівняння показників з еталонами і коригування похибок. Це значно пришвидшує процес калібрування і зменшує вплив людського фактору.

По-третє, нейромережі можуть застосовуватися в системах дистанційного моніторингу метрологічних характеристик обладнання. Це надає можливість віддаленого калібрування та контролю стану приладів.

Отже, технології штучного інтелекту відкривають нові перспективи автоматизації та підвищення ефективності процесів калібрування, що є важливим фактором в сучасних умовах. Їх впровадження дозволить підняти метрологічне забезпечення виробництв на якісно новий рівень.

Список використаних джерел:

1. Aggarwal, Charu S. *Neural Networks and Deep Learning: A Textbook*. Springer, 2023. 529 p.

2. Geron, A. *Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow*. O'Reilly Media, 2019. 856 p.

3. Руденко О.Г., Бодянський Є.В. Штучні нейронні мережі: навчальний посібник. Харків, ТОВ "Компанія СМІТ", 2006. 404 с.

4. Дегтярев А.В., Запорожец О.В., Овчарова Т.А. Идентификация нелинейных динамических средств измерений с помощью искусственной нейронной сети // Метрологія та прилади. Вип. № 2/II/(41). 2013. С. 85–89.

5. Zaporozhets O.V., Shtefan N.V. Using Artificial Neural Network for Compensation of Semiconductor Thermistor Nonlinearity // 2019 IEEE 8th International Conference on Advanced Optoelectronics and Lasers (CAOL), Sozopol, Bulgaria, 6-8 Sept. 2019. PP. 703–706.