

НЕЙРОМЕРЕЖЕВИЙ МЕТОД ІДЕНТИФІКАЦІЇ ФУНКЦІЙ ПЕРЕТВОРЕННЯ БАГАТОПАРАМЕТРИЧНИХ СЕНСОРІВ

Зембицький О.С.¹⁾, Кочан В.В.²⁾

Тернопільський національний економічний університет
¹⁾ магістр; ²⁾ к.т.н., доцент

І. Постановка проблеми

Останнім часом все більше розповсюдження отримують мультисенсори (МС) [1], тобто сенсори, вихідний сигнал яких, на відміну від традиційних, залежить не від однієї, а від декількох вимірюваних величин (ВВ). Якщо ці ВВ діють на один і той же параметр вихідного сигналу МС, то часто необхідно використовувати методи розпізнавання, які базуються на методах штучного інтелекту [2]. Також МС мають відносно великі похибки. Методи підвищення їх точності зазвичай базуються на переході до індивідуальних функцій перетворення (ФП). Але для МС слід дослідити їх індивідуальні ФП для всіх ВВ. Тому для МС двох ВВ, при кількості точок повірки $n_i = 7$ кожної ВВ, сумарна кількість точок повірки буде $n_{\Sigma} = 49$, що неприйнятно з точки зору трудомісткості переходу до індивідуальних ФП.

ІІ. Мета роботи

Метою роботи є дослідження методу зменшення трудомісткості ідентифікації індивідуальної ФП МС за рахунок прогнозу частини результатів повірки МС з допомогою нейронних мереж (НМ).

ІІІ. Нейромережовий метод прогнозу частини результатів повірки МС

Основна ідея пропонованого методу полягає в тому, що підвищити точність ідентифікації індивідуальної ФП МС можна шляхом збільшення кількості інформації для навчання НМ за рахунок результатів повірки групи однотипних МС у кількості точок, яка є достатньою для ідентифікації індивідуальної ФП МС цього типу із заданою точністю. Це дозволяє НМ виявити та узагальнити закономірності ФП МС даного типу і повірять решту МС в скороченій кількості точок, а інші точки повірки прогнозувати з допомогою навчених НМ.

На приклад, для двопараметричного МС спочатку проводять повірку групи 30...50 однотипних МС у великій кількості точок, наприклад, по 7 точок для кожної з двох ВВ (49 точок, їх розміщення показує рис. 1). По осі абсцис відкладені значення ВВ А, по осі ординат – ВВ В. 49 точок повірки однотипних МС (точки 11...77), показані тонкими кільцями (в номері точки перша цифра означає ВВ А, а друга – ВВ В). МС, індивідуальну ФП якого треба визначити, повірений в 9 точках – позначених на рис. 1 товстими кільцями.

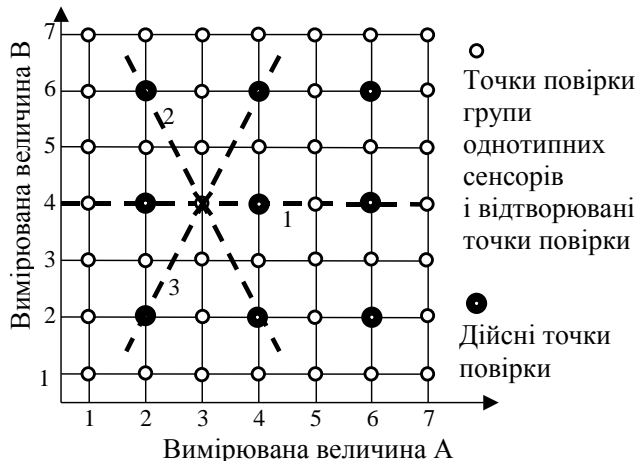


Рис. 1. Розміщення точок повірки мультисенсорів по діапазонах перетворення обох ВВ

1. Результат повірки МСП в точках 24, 44, 64.
2. Результат повірки найбільш подібного МС до МСП серед групи однотипних МС у точках 14, 24, 34, 44, 54, 64, 74 (для якого сума абсолютних відхилень в точках 24, 44, 64 від результатів повірки МСП мінімальна).
3. Результат повірки наступного за подібністю МС до МСП у точках 14, 24, 34, 44, 54, 64, 74.

4. Перебір інших МС аналогічно до п. 3.
5. Результат повірки найменш подібного МС до МСП у точках 14, 24, 34, 44, 54, 64, 74.
6. Результат повірки МСП в точці 34 (з цим значенням порівнюють вихід НМ при навчанні).

Таким чином, при сортуванні результатів повірки за пп. 1-6, МС з групи однотипних МС розміщуються в порядку зменшення їх подібності до МСП саме в тих точках, де ведеться прогноз. Останнім буде записано значення, яке є метою навчання. Слід відзначити, що приведений в пп. 1-6 порядок запису результатів повірки, може бути інший, але він мусить бути однаковий, тільки тоді НМ при навчанні зможе виявити закономірності відхилення ФП МС даного типу від номінальної. Наступні вектори навчальної вибірки формується шляхом визначення інших МС за МСП.

IV. Моделі відхилень ФП МС від номінальної

Для імітаційних досліджень взято модель ФП МС, розроблену в [2], яка має вид

$$Y_{NOM} = (A \times (X_1 + B)^k + C \times (X_1 + B)) \times (D \times (X_2 + E)^l + F \times (X_2 + E)) \times G, \quad (1)$$

де X_1, X_2 – вимірювані величини А і В відповідно; $A..G, k, l$ – коефіцієнти та показники степені відповідно; Y_{NOM} – номінальний вихідний сигнал МС.

Аддитивну і мультиплікативну похибку МС можна коригувати без НМ. Тому досліджено вплив нелінійної складової похибок МС на похибку корекції запропонованим методом. Для дослідження невиключеної похибки нелінійна похибка ФП МС задавалася поліномами різного степеня

$$Y = Y_{NOM} \pm n\Delta(\pm K_1(i-4)^2 \pm K_2(j-4)^2), \quad (2) \quad Y = Y_{NOM} \pm n\Delta(\pm K_1(i-4)^3 \pm K_2(j-4)^2), \quad (3)$$

$$Y = Y_{NOM} \pm n\Delta(\pm K_1(i-4)^3 \pm K_2(j-4)^3), \quad (4) \quad Y = Y_{NOM} \pm n\Delta(\pm K_1(i-4)^4 \pm K_2(j-4)^2), \quad (5)$$

де n – кількість варіантів дослідження, прийнято $n=100$; Δ – крок квантування похибки МС, прийнято 0,1% (тобто максимальна похибка МС по кожній ВВ становить 5%); K_1, K_2 – коефіцієнти, що характеризують нелінійність функції похибки МС.

IV. Результати дослідження шляхом імітаційного моделювання

Результати дослідження різних комбінацій похибок (2) ... (5) для точки 34 представлено в таблиці. В заголовках таблиці (верхня лінійка і перший стовпчик) вказано характер похибки та знаки при K_1, K_2 . Верхнє число в таблиці представляє максимальне значення похибки прогнозу, серед п'ятьох запусків навчання НМ, нижнє – середнє значення. Для оцінки впливу похибки повірки невиключено похибку прогнозу в результати повірки всіх МС введено випадкову похибку 0,5%.

Похибки результатів прогнозу при рівні випадкової похибки 0,5%

ФВ А ФВ Б	+x ²	-x ²	+x ³	-x ³	+x ⁴	-x ⁴
+x ²	0.016 % / 0.010 %	0.015 % / 0.01 %	0.016 % / 0.007 %	0.018 %/ 0.013 %	0.012 %/ 0.002 %	0.021 %/ 0.013 %
-x ²	0.015 % / 0.005 %	0.016 % / 0.009 %	0.016 % / 0.007 %	0.028 %/ 0.005 %	0.017 %/ 0.007 %	0.016 %/ 0.01 %
+x ³	0.016 % / 0.007 %	0.016 % / 0.007 %	0.12 % / 0.009 %	0.014 %/ 0.01 %		
-x ³	0.018 %/ 0.013 %	0.028 %/ 0.005 %	0.027 % / 0.005 %	0.019 %/ 0.008 %		

Висновок

Як видно з результатів досліджень, пропонуванний метод зменшення трудомісткості повірки МС для переходу до їх індивідуальних ФП забезпечує досить високу точність прогнозу навіть в умовах дії відносно великих, значно більших за похибку прогнозу, випадкових похибок повірки.

Список використаних джерел

1. Capone S., Siciliano P., Bărsan N., Weimar U., Vasanelli L. Analysis of CO and CH₄ gas mixtures by using a micromachined sensor array // Sensors and Actuators B: Chemical. – 2001. – Vol. 78, No. 1-3. – P. 40-48.
2. I. Turchenko, V. Kochan. Improvement of Identification Accuracy of Multisensor Conversion Characteristic Using SVM. Proceedings of the 6th IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: IDAACS'11, Prague, Czech Republic, 2011, pp. 388-392.