

УДК 621.317

Ю.Б. Прібилев<sup>1</sup>, М.В. Чорний<sup>2</sup>, В.В. Шинкарьов<sup>3</sup><sup>1</sup> Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків<sup>2</sup> Львівський інститут сухопутних військ НУ «Львівська політехніка», Львів<sup>3</sup> Метрологічний центр військових еталонів, Харків

## АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТІ ДІАГНОСТУВАННЯ ПРЕЦИЗІЙНИХ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ МУЛЬТІМЕТРІВ НА ОСНОВІ АПАРАТУ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

В статті проаналізовано можливість використовувати апарат нечіткої логіки для діагностування прецизійних мікропроцесорних мультиметрів. Проаналізовано діагностування прецензійних мікропроцесорних мультиметрів традиційними методами; використання апарату нечіткої логіки для діагностування прецизійних мікропроцесорних мультиметрів; проведено порівняння властивостей нейромереж та нечітких моделей; показано, що за результатами аналізу нейромереж та нечітких моделей при діагностуванні прецизійних мікропроцесорних мультиметрів доцільно використовувати нечітку модель.

**Ключові слова:** метрологічна надійність, інформаційно-вимірювальні технології, прецизійні мікропроцесорні мультиметри, нечітка логіка, нейронні мережі.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Вирішення задачі діагностування прецизійних мікропроцесорних мультиметрів пов'язано зі складнощами, які виникають при обробці та пошуку апроксимуючої функції статистичних даних відмов. Використання апарату нечіткої логіки, якій заснований на основі лінгвістичної логіки, дозволить підвищити якість діагностування прецизійних мікропроцесорних мультиметрів, що, в свою чергу, підвищить метрологічну надійність інформаційно-вимірювальних технологій.

**Аналіз літератури.** Питання оцінювання метрологічної надійності засобів вимірювальної техніки були розглянуті як на етапі проектування [1, 2], так і під час експлуатації засобів вимірювальної техніки [3, 4]. В літературі [5 – 9] описується апарат нечіткої логіки, але раніше не були досліджені засоби діагностування прецизійних мікропроцесорних мультиметрів з використанням апарату нечіткої логіки.

**Мета статті.** Проаналізувати апарат нечіткої логіки щодо можливості діагностування прецизійних мікропроцесорних мультиметрів.

### Викладення основної частини матеріалу

Розглянемо діагностування прецизійних мікропроцесорних мультиметрів традиційними методами.

Найбільшого поширення набули три традиційних методи діагностування прецизійних мікропроцесорних мультиметрів: автодіагностування, логічний аналіз і сигнатурний аналіз [10].

Автодіагностування передбачає тестування на основі використання внутрішніх діагностичних програм. Вони бувають двох типів: ті, що самозапущаються, і ті, що запускаються за вимогою користувача. Звичайно, можливість автодіагностики передба-

чається при проектуванні системи, а вказівки щодо її здійснення відбиваються в експлуатаційній документації.

Логічний аналіз передбачає вимірювання і відображення в певній формі логічних станів або логічних часових діаграм на шинах або у контрольних точках мікропроцесорних систем.

Сигнатурний аналіз зводиться до співставлення реальних сигнатур конкретних вузлів, відображуваних дисплеєм сигнатурного аналізатора, зі зразковими сигнатурами цих вузлів, зазначеними у технічній документації [10].

Розглянемо особливості застосування апарату нечіткої логіки щодо діагностування прецизійних мікропроцесорних мультиметрів.

Переваги нечіткої логіки краще всього реалізовані у принципах організації і функціонування біологічних нейронних мереж. Подібно до біологічної, штучна нейронна мережа є обчислювальною системою з великою кількістю паралельно функціонуючих простих процесів з багатьма зв'язками, але ідентифіковані нейронні мережі, які є моделлю системи, не можуть надати інформацію про аналітичні закономірності протікання того чи іншого процесу.

За аналогією з біологічним нейроном штучні нейрони також мають синапси, нейрон та аксон. Аксон – це вихідний зв'язок нейрона з іншими нейронами. Кожен синапс характеризується величиною синапсного зв'язку або його вагою  $w_i$ , яка за фізичним змістом еквівалентна електричній провідності. У нейроні додаються всі входи, що визначають поточний стан нейрона. Поточний стан нейрона визначається як сума його входів [9]:

$$S = \sum_{i=1}^n w_i x_i, \quad (1)$$

де  $x_i$  – діагностичні параметри об'єкту;

$w_i$  – вага синапсного зв'язку.

Штучна нейромережа може розглядатися як направлений граф, в якому нейрони є вузлами. За архітектурою зв'язків нейромережі можуть поділятися на дві групи: мережі прямого поширення, в яких графи не мають петлі, та рекурентні мережі, або мережі зі зворотними зв'язками [9].

Процес функціонування мережі залежить від величини синаптичних зв'язків, тому, маючи певну структуру нейромережі, що відповідає задачі, необхідно знайти оптимальне значення всіх вагових коефіцієнтів. Для цього мережа попередньо навчається. При навчанні використовують ідеальні “еталонні” значення пар “входи-виходи” або вчитель, що оцінює поведінку нейронної мережі. Для навчання використовується навчальний алгоритм, який модифікує окремі нейронні мережі і ваги її зв'язків таким чином, щоб поведінка мережі відповідала бажаній поведінці [9].

Оскільки нейронна мережа, в основному, використовується в складних моделях, де немає адекватних математичних моделей, то навчання відбувається за допомогою навчальної вибірки, тобто еталонних пар “входи-виходи”.

Важливим завданням при застосуванні нейромереж є вибір способу представлення знань. Пошук наочного представлення знань приводить до систем на основі нечіткої логіки, яка забезпечує представлення словесно інтерпретованих знань. На відміну від нейромереж, в яких на основі числових даних здійснюється пошук розв'язку задачі шляхом навчання, системи на основі нечіткої логіки мають структуроване знання у вигляді правил ЯКЦО-ТО [9]. Концепція таких систем виходить з того, що багато процесів важко або неможливо описати математично, але можна описати на основі нечіткої логіки. Кожен з вищенаведених методів має свої переваги та недоліки, основні з яких наведені у табл. 1.

Виходячи з цього, можна об'єднати переваги нейромереж та систем на основі нечіткої логіки.

Характерними особливостями нейронечітких мереж є: можливість комбінації числових даних та нечітких знань; можливість інтерпретації даних як у систем на основі нечіткої логіки; здатність навчатися, як нейромережі; можливість зменшення затрат на тренування завдяки попередньому структуруванню; додаткова оптимізація опису; автоматичне генерування нечіткої моделі [8, 9].

Для вирішення задач діагностування прецизійних мікропроцесорних мультиметрів більш зручно використовувати базу знань, яка будується на основі діагностичної моделі, що ґрунтується на апараті нечіткої логіки. Застосування конкретної діагностичної моделі залежить від вигляду порушення норма-

льного ходу, вхідної інформації та знань експерта. Найбільш застосовуваними є моделі діагностування на основі нечіткої логіки та нейронних мереж [5].

Таблиця 1

Порівняння властивостей нейромереж та нечітких моделей

Нейромережа	Нечітка модель
Переваги	
Числовий апроксиматор	Лінгвістичний апроксиматор
Здатність до навчання	Можливість поопераційного аналізу
Об'єктивна оптимізація	Проектування на основі сформульованих правил
Можливість вибору часу розрахунку	Наочний спосіб функціонування
Недоліки	
Необхідність завдання структури мережі	Необхідність знання процесу
Випадкова ініціалізація	Складність при накопиченні знань
Неможливість застосування попередніх знань	Дані неможливо обробляти
Тривале навчання та тренування	Неможливість навчання
Проблематичне знаходження початкових параметрів	Велика кількість функцій належності
Розв'язання задач за методом „чорної скрині”	Часто необхідна велика кількість правил

Нечітка база знань – це сукупність правил типу

$$\bigcup_{p=1, k=1, n} \bigcap (X_i = \alpha_i^{jp} \text{ з вагою } C_{30}) \rightarrow y=Q_j, \text{ при } j=1, m,$$

за якими здійснюється класифікація [5]. Класифікацією називається процес віднесення об'єкта до одного класів  $Q_1, Q_2, \dots, Q_m$  з урахуванням його властивостей (діагностичних параметрів)  $x_1, x_2, \dots, x_n$ .

В якості системи прийняття рішення використовується нечіткий логічний класифікатор.

Для побудови системи класифікації на нечіткій логіці необхідно знати:

– множину класів несправностей  $\{Q_1, Q_2, \dots, Q_m\}$ ;

– перелік властивостей об'єкта (діагностичні параметри), що класифікується  $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ ;

– перелік нечітких термів  $\alpha_i^{jp}$  для лінгвістичного оцінювання властивості  $x_i$ .

Для побудови автоматичного класифікатора за основу необхідно прийняти систему нечіткого логічного висновку типу Сугено [7].

Система нечіткого логічного висновку називається системою типу Сугено, якщо при відомій базі знань вектору  $X=\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  фіксованих значень факторів впливу ставиться у відповідність значення вихідної змінної  $y$ , яке розраховується за формулою

$$y = \text{defuz} \left( \sum_{j=1}^m \mu_j / y_j \right). \quad (2)$$

Функція належності  $\mu^T(X)$  характеризує суб'єктивну міру (в діапазоні [0,1]) впевненості експерта в тому, що чітке значення  $x$  відповідає нечіткому терму  $T$ .

Нечіткою базою знань щодо впливу факторів  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  на значення параметра  $y$  називається сукупність логічних висловлювань типу:

Якщо

$$\begin{aligned} x_1 = \alpha_1^{j1} \text{ та } x_2 = \alpha_2^{j1} \text{ та } \dots \text{ та } x_n = \alpha_n^{j1} \text{ або} \\ x_1 = \alpha_1^{j2} \text{ та } x_2 = \alpha_2^{j2} \text{ та } \dots \text{ та } x_n = \alpha_n^{j2} \text{ або} \\ x_1 = \alpha_1^{jk_j} \text{ та } x_2 = \alpha_2^{jk_j} \text{ та } \dots \text{ та } x_n = \alpha_n^{jk_j}, \end{aligned} \quad (3)$$

то

$$y = Q_j m, \quad j = \overline{1, m},$$

де  $\alpha_i^{jp}$  – лінгвістичний терм, що оцінює значення фактора  $x_i$  у  $p$ -й диз'юнкції  $j$ -го логічного висловлювання ( $j = \overline{1, m}$ ,  $p = \overline{1, k_j}$ ,  $j = \overline{1, n}$ );  $k_j$  – число диз'юнкцій (або) у  $j$ -му логічному висловлюванні.

Система (3) визначається як нечітка база знань.

### Висновки

1. Проаналізовано діагностування прецизійних мікропроцесорних мультиметрів традиційними методами.
2. Проаналізовано використання апарату нечіткої логіки для діагностування прецизійних мікропроцесорних мультиметрів.
3. Проведено порівняння властивостей нейромереж та нечітких моделей.
4. За результатами аналізу нейромереж та нечітких моделей при діагностуванні прецизійних

мікропроцесорних мультиметрів доцільно використовувати нечітку модель.

### Список літератури

1. Мищенко С.В. Метрологическая надёжность измерительных средств / С.В. Мищенко, Э.И. Цветков, Т.И. Чернышова. – М.: Машиностроение, 2001. – 96 с.
2. Чернышова Т.И. Оценка метрологической надёжности при проектировании средств неразрушающего контроля / Т.И. Чернышова // Вестник Метрологической академии. – 2001. – № 7. – С. 54-65.
3. Фридман А.Э. Оценка метрологической надёжности измерительных приборов и многозначных мер / А.Э. Фридман // Измерительная техника. – 1993. – № 5. – С. 7-10.
4. Чинков В.Н. Избыточная модель надёжной эксплуатации средств измерительной техники / В.Н. Чинков, А.Е. Мельниченко // Украинский метрологический журнал. – 2004. – № 2. – С. 57-60.
5. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети / А.П. Ротштейн. – Винница: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1999. – 320 с.
6. Мокін Б.І. Нетрадиційні операції та принципи узагальнення в теорії нечітких множин (основні ідеї та перспективи застосування в прикладних задачах) / Б.І. Мокін, В.В. Камінський, С.Ш. Каців // Вісник ВПІ. – 2000. – № 5. – С. 83-88.
7. Ротштейн А.П. Нечеткая надёжность алгоритмических процессов / А.П. Ротштейн, С.Д. Штовба. – Винница: Континент – ПРИМ, 1997. – 132 с.
8. Джефри Е. Хинтон. Как обучаются нейронные сети / Джефри Е. Хинтон // В мире науки. – 1992. – № 11. – № 12. – С. 103-110.
9. Нейронные сети в системах автоматизации / В.И. Архангельский, И.Н. Богаченко, Г.Г. Грабовский, Н.А. Рюмишин. – К.: Техника, 1999. – 364 с.
10. Жердев Н.К. Контроль устройств на интегральных микросхемах / Н.К. Жердев. – К.: Техника, 1986. – 160 с.

Надійшла до редколегії 23.06.2009

**Рецензент:** канд. техн. наук, доцент В.Б. Кононов, Харківський університет Воздушних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ МУЛЬТИМЕТРОВ НА ОСНОВЕ АППАРАТА НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Ю.Б. Прибылев, М.В. Чорный, В.В. Шинкарев

В статье проанализирована возможность использовать аппарат нечеткой логики для диагностирования прецизионных микропроцессорных мультиметров. Проанализировано диагностирование прецизионных микропроцессорных мультиметров традиционными методами; использование аппарата нечеткой логики для диагностирования прецизионных микропроцессорных мультиметров; проведено сравнение свойств нейросетей и нечетких моделей; показано, что по результатам анализа нейросетей и нечетких моделей при диагностировании прецизионных микропроцессорных мультиметров целесообразно использовать нечеткую модель.

**Ключевые слова:** метрологическая надёжность, информационно-измерительные технологии, прецизионные микропроцессорные мультиметры, нечеткая логика, нейронные сети.

### ANALYSIS OF POSSIBILITY OF DIAGNOSING OF SENSITIVE MULTIMETERS OF MICROPROCESSORS ON BASIS OF VEHICLE OF FUZZY LOGIC

Yu.B. Pribilev, M.V. Chorniy, V.V. Shinkarev

Possibility to use the vehicle of fuzzy logic for diagnosing of sensitive multimeters of microprocessors is analysed in the article. Diagnosing of sensitive multimeters of microprocessors is analysed traditional methods; use of vehicle of fuzzy logic for diagnosing of sensitive multimeters of microprocessors; comparison of properties of neuronets and unclear models is conducted; it is shown that on results the analysis of neuronets and unclear models at diagnosing of sensitive multimeters of microprocessors it is expedient to use an unclear model.

**Keywords:** metrological reliability, data-measurements technologies, sensitive multimeters of microprocessors, fuzzy logic, neural networks.