

УДК 004.9

Л.О. Дубчак

Тернопільський національний економічний університет, Тернопіль

МЕТОД ОБРОБКИ НЕЧІТКИХ ДАНИХ НА ОСНОВІ МЕХАНІЗМУ МАМДАНІ

У даній статті запропоновано метод обробки нечітких даних, що базується на класичному механізмі нечіткого висновку Мамдані. Реалізація цього методу відрізняється поділом на етапи навчання та експлуатації, що дозволяє зменшити кількість операцій на етапі експлуатації засобу обробки нечіткої інформації та підвищити його швидкодюю. Проведено дослідження часової складності пропонованого методу, що підтвердило зниження часу виконання обробки нечітких даних в чотири рази, порівняно з часом здійснення нечіткого висновку за класичним механізмом Мамдані.

Ключові слова: нечітка логіка, механізм нечіткого висновку Мамдані, часова складність.

Вступ

Математична теорія нечітких множин і нечітка логіка є узагальненнями класичної теорії множин і класичної формальної логіки. Дані поняття були вперше запропоновані американським ученим Лотфі Заде у 1965 р. [1]. Основною причиною появи нової теорії стала наявність нечітких і наближених міркувань при описі людиною процесів, систем, об'єктів.

Основними перевагами нечітких систем у порівнянні з іншими є [1, 2]:

- можливість оперувати вхідними даними, заданими нечітко, наприклад, значеннями, що невпинно змінюються в часі (динамічні задачі);

- можливість нечіткої формалізації критеріїв оцінки і порівняння;

- можливість проведення якісних оцінок як вхідних даних, так і виведених результатів, оскільки система оперує не тільки власне значеннями даних, а й їх ступенем вірогідності та її розподілом;

- можливість проведення швидкого моделювання складних динамічних систем та їх порівняльний аналіз із заданим ступенем точності: оперуючи принципами поведінки системи, описаними нечіткими методами, по-перше, не витрачається багато часу на з'ясування точних значень змінних і складання рівнянь, що їх описують, по-друге, існує можливість оцінити різні варіанти вихідних значень.

В інженерних задачах застосовується, як правило, механізм нечіткого висновку Мамдані [1, 3]. В ньому використовується мінімаксна композиція нечітких множин.

Даний механізм включає наступну послідовність дій [4]:

- 1) процедура фазифікації: визначаються степені істинності, тобто значення функцій належності для лівих частин кожного правила (передумов). Для бази правил з m правилами степені істинності позначаються як $A_{ik}(x_k)$, $i=1\dots m$, $k=1\dots n$;

- 2) нечіткий висновок. Спочатку визначаються рівні "відсічення" для лівої частини кожного з правил: $\alpha_{i1} = \min_i (A_{ik}(x_k))$.

Далі знаходяться "усічені" функції належності виходу: $B_i^*(y) = \min_i (\alpha_{i1}, B_i(y))$;

- 3) композиція або об'єднання отриманих усічених функцій, для чого використовується максимальна композиція нечітких множин:

$MF(y) = \max_i (B_i^*(y))$, де $MF(y)$ – функція належності підсумкової нечіткої множини;

- 4) дефазифікація або приведення до чіткості. Існує декілька методів дефазифікації (наприклад, метод середнього центру або центроїдний метод. Геометричний зміст такого значення – центр ваги для кривої $MF(y)$).

Основний недолік нечіткого висновку, побудованого на класичному механізмі Мамдані, полягає в тому, що для будь-яких вхідних даних необхідно опрацьовувати усю базу правил, тобто здійснювати три кроки (визначення значень функцій належності для вхідних змінних, мінімаксна композиція та дефазифікація). Такий шлях обробки нечітких даних знижує швидкодюю системи та вимагає затрат пам'яті, тому метою даного дослідження є розробка методу обробки нечітких даних, що базується на класичному методі Мамдані, який би задовольняв вимоги до швидкодії.

Обробка нечітких даних

Суть пропонованого методу полягає в тому, що процес обробки вхідної нечіткої інформації розділено на етапи навчання та експлуатації. Під час навчання пристрою обробки нечітких даних визначаються області функцій належності виходу для кожного з правил. Під час експлуатації спочатку відбувається порівняння вхідних даних зі значеннями

функцій належності виходу у визначених базую правил областях пам'яті, де зберігаються значення згаданих функцій належності виходу, відповідних до кожного правила нечіткого висновку. Далі відсікаються значення функцій належності виходу, які перевищують вхідні дані. Потім вибираються мінімальні значення функцій належності виходу, отриманих після відсікання, і будується з них відповідна фігура. Останньою операцією обробки нечітких даних є пошук центра ваги фігури, отриманої в результаті додавання відсічених функцій належності виходу [5].

На рис. 1 зображено схему алгоритму реалізації пропонованого методу обробки нечіткої інформації.



Рис. 1. Схема алгоритму реалізації пропонованого методу обробки нечіткої інформації

Порівняння операцій пропонованого методу обробки нечіткої інформації та класичного під час експлуатації показує, що всі операції пропонованого методу близькі до операцій класичного механізму Мамдані і за складністю не перевищують їх. Однак кількість операцій у пропонованому методі менша, що спричиняє зростання його швидкодії. Зменшення кількості операцій зумовлено тим, що на етапі навчання (який передує етапу експлуатації) визначено області функцій належності виходу для кожного з правил. Така попередня підготовка власне й дозволяє уникнути операції знаходження найменшого значення функцій належності входів, передбаченої у методі Мамдані.

Оскільки часова складність є основним критерієм оцінки алгоритму, то розглядаючи операції нечіткого висновку пропонованого методу та механізму Мамдані, для порівняння складності цих алгоритмів варто розглянути лише неспівпадаючі операції. В табл. 1 подано часові складності кожної операції розглянутих методів нечіткого висновку, враховуючи обчислення складності, проведені у [6 – 8].

Аналіз табл. 1 показує, що часова складність пропонованого методу обробки нечіткої інформації є на $O(n^2)$ менша, ніж складність механізму нечіткого висновку Мамдані.

Таким чином, пропонований метод, згідно значень часової складності, поданих у [8], має швидкодію вчетверо вищу, ніж класичний (при використанні аналогічної апаратної бази). Зменшити кількість операцій у пропонованому методі та виконувати їх саме таким чином, як це вказано у таблиці 1, вдається лише за рахунок пропонованої попередньої обробки на етапі навчання.

Висновки

Запропонований метод обробки нечітких даних на основі механізму Мамдані дозволяє підвищити швидкодію систем, що вирішують прикладні інженерні задачі, шляхом розподілу процесу його реалізації на етапи навчання та експлуатації.

Список літератури

1. Ross T.J. *Fuzzy Logic with Engineering Applications* / T.J. Ross. – McGraw-Hill Inc. (USA), 1995. – 600 p.
2. Штовба С.Д. *Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику* / С.Д. Штовба. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1>.
3. Рутковская Д. *Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы* / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Телеком, 2006. – 382 с.
4. Штовба С.Д. *Обеспечение точности и прозрачности нечеткой модели Мамдани при обучении по экспериментальным данным* / С.Д. Штовба // *Проблемы управления и информатики*. – 2007. – № 4. – С. 102-114.
5. Дубчак Л.О. *Спосіб обробки нечіткої інформації* / Л.О. Дубчак // *Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля*. – 2012. – № 8(179). – Ч. 1 – С. 306-309.

Часова складність неспівпадаючих операцій нечіткого висновку за механізмом Мамдані та пропонованого методу

Операції нечіткого висновку за класичним механізмом Мамдані	Часова складність операцій нечіткого висновку за механізмом Мамдані	Операції нечіткого висновку пропонованого методу	Часова складність операцій нечіткого висновку пропонованого методу
1. Порівняння вхідних даних зі значеннями функції належності входів	$O(\log n)$	1. Порівняння вхідних даних зі значеннями функції належності виходів у відповідних областях ПЗП	$O(\log n)$
2. Знаходження найменшого значення функції належності входів щодо кожного з входів, які відповідають базі правил	$O(n)$	-	-
3. Відсікання на осі ординат функцій належності виходу значень, які перевищують значення, задане в п.2	$O(\log n)$	2. Відсікання на осі ординат функцій належності виходу у всіх відповідних областях багатоканального блоку пам'яті значень, які перевищують значення, знайдене в п.1	$O(\log n)$
4. Знаходження серед відсічених функцій належності виходу тих, що мають максимальну амплітуду	$O(n^2)$	3. Знаходження серед відсічених функцій належності виходу у всіх відповідних областях багатоканального блоку пам'яті тих, що мають мінімальну амплітуду	$O(n)$

6. Shparlinski I.E. On the Linear Complexity of the Naor-Reingold Pseudo-random Function from Elliptic Curves / I.E. Shparlinski, J.H. Silverman // Designs, Codes and Cryptography. – Netherlands: Kluwer Academic Publishers. – 2001. – № 24. – P. 279-289.

7. Constantinescu N. Linear Complexity Computations of Cryptographic Systems / N. Constantinescu, E. Simion // Telecommunications: International Conference, 4 – 7 June, 2001: IEEE, Bucharest, 2001. – Vol. 1. – P. 85-89.

8. Белов М.П. Основы алгоритмизации в информационных системах: Учеб. пособие / М.П. Белов. – СПб.: СЗТУ, 2003. – 85 с.

Надійшла до редколегії 10.08.2012

Рецензент: канд. техн. наук, доц. В.В. Кочан, Тернопільський національний економічний університет, Тернопіль.

МЕТОД ОБРАБОТКИ НЕЧЁТКИХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ МЕХАНИЗМА МАМДАНИ

Л.О. Дубчак

В данной статье предложен метод обработки нечётких данных, который базируется на классическом механизме нечёткого вывода Мамдани. Реализация этого метода отличается разделением на этапы обучения и эксплуатации, что позволяет уменьшить количество операций на этапе эксплуатации средства обработки нечёткой информации и повысить его быстродействие. Проведено исследование временной сложности предлагаемого метода, что подтвердило снижение времени выполнения обработки нечётких данных в четыре раза по сравнению со временем осуществления нечёткого вывода по классическому механизму Мамдани.

Ключевые слова: нечёткая логика, механизм нечёткого вывода Мамдани, временная сложность.

FUZZY DATA PROCESSING METHOD BASED ON THE MECHANISM MAMDANI

L.O. Dubchak

In this paper a method for processing fuzzy data, which is based on the classical mechanism of Mamdani fuzzy inference has been proposed. The implementation of this method is different because division during training and operation, which reduces the number of operations in the operational phase of the fuzzy information processing tools, and increase performance. The time complexity of the proposed method confirms the reduction in run-time processing of fuzzy data four times compared to the time of the fuzzy inference on the classical mechanism Mamdani.

Keywords: fuzzy logic, fuzzy inference mechanism Mamdani, the time complexity.