

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ НЕЧІТКИХ МНОЖИН

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У статті аналізуються основні підходи до використання нечітких множин для моделювання невизначеності в складних системах. Особлива увага приділяється порівнянню нечітких множин типу 1 та типу 2, а також ролі лінгвістичних змінних у відображенні суб'єктивних оцінок. Розглянуто методичні основи побудови відповідних моделей, що дозволяють створювати гнучкі та адаптивні технологічні рішення для прогнозування поведінки систем з неповною інформацією.

Ключові слова: нечіткі множини, нечітка логіка, тип 1, тип 2, лінгвістичні змінні, невизначеність.

Abstract

This paper examines the primary approaches to applying fuzzy sets for modeling uncertainty in complex systems. It focuses on a comparative analysis of type 1 and type 2 fuzzy sets, as well as the role of linguistic variables in representing subjective evaluations. The methodological foundations for constructing these models are discussed, enabling the development of flexible and adaptive technological solutions for forecasting system behavior under conditions of incomplete information.

Keywords: fuzzy sets, fuzzy logic, type 1, type 2, linguistic variables, uncertainty.

Нечіткі множини та логіка є потужними інструментами для моделювання нечіткості та невизначеності в реальному світі, що дозволяє створювати більш гнучкі та адаптивні технологічні рішення. Саме тому нечіткі моделі можуть бути використані для прогнозування поведінки складних систем, де точні дані важко отримати, вони є непостійні, або представлені у суб'єктивному вигляді.

Якщо відкинути специфічні типи нечітких множин, що були розроблені для підвищення ефективності складних невизначених математичних моделей, такі як: інтуїціоністичні нечіткі множини, інтервальні нечіткі множини, гестійовані нечіткі множини та інші, то доступні різновиди нечітких множин можна звести до множин типу 1 та типу 2. Особливо варто зазначити лінгвістичні змінні. Однак виділити їх як окремий тип не є коректним, оскільки, по своїй суті, це є конструкт над нечіткими множинами типу 1 та 2 [1,2]. По своїй суті це концепція, що використовується для опису величин за допомогою слів (термінів), наприклад, «низький», «середній», «високий». Кожен із цих лінгвістичних термінів задається за допомогою нечітких множин (зазвичай типу 1, рідше типу 2), які формалізують поняття нечіткості в природній мові. Якщо ж відкинути необхідність залучення людини, або ж просто вивести людину як джерело суб'єктивної вхідної інформації за межі розгляду, то сама математична модель буде працювати безпосередньо з нечіткими множинами.

Для визначення найбільш підходящого типу нечітких множин для використання в певній математичній моделі необхідно більш детально розібратися з різницею між ними.

Нечіткі множини типу 1 є базовою математичною моделлю для представлення нечіткості, де кожному елементу універсуму X безпосередньо відповідає однозначне число $\mu(x)$ з інтервалу $[0,1]$, що визначає ступінь приналежності цього елементу до певної множини [1].

$$A = \{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\},$$

де функція приналежності $\mu_A(x) : X \rightarrow [0,1]$ однозначно визначає, наскільки x належить до множини A і є точно визначеним числом. Такі нечіткі множини дозволяють побудувати доволі швидкі обчислювальні алгоритми, оскільки кожен елемент має фіксоване значення приналежності.

У випадку ж нечітких множин типу 2 кожна функція приналежності сама по собі є нечіткою множиною [2]. Для її опису часто використовують так звану другорядну функцію приналежності:

$$\mu_{\tilde{A}}(x, u) \in [0,1],$$

що показує ступінь належності числа u до первинного значення приналежності x .

Для кращого розуміння візьмемо у якості прикладу нечітку множину, що моделює поняття «гаряче». При використанні нечітких множин типу 1, умовно приймемо, результат функції належності для температури 56 °C - $\mu(56)=0,6$. Використання ж для цієї задачі нечітких множин типу 2 дозволить змодельовати варіативність вимірювання, наприклад похибки оцінки приладів, експертів чи вимірювальний шум. При цьому значення ступеня належності для температури $x = 56$ °C замість фіксованого значення може виразитися інтервалом $[0,5;0,7]$, що дозволяє враховувати невизначеність, що виникає не лише через нечіткість самого поняття, але й через неточності в оцінці цього поняття і тим самим моделювати більш реалістичні та адаптивні математичні моделі.

Отже можна зробити висновок, що нечіткі множини типу 2 є потужним інструментом, який розширює можливості традиційних нечітких множин типу 1 за рахунок врахування невизначеності самої функції приналежності. Використання таких множин, дозволяє більш гнучко моделювати складні реальні ситуації, де існує додаткова невизначеність через різноманітні фактори, однак в той же час і підвищують складність як математичної моделі так і розрахунків, а отже не є однозначним і універсальним інструментом. Вибір типу нечітких множин має здійснюватися індивідуально при вирішенні кожної окремої задачі виходячи з її складності, варіативності та необхідної точності вихідних результатів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Saatchi R. Fuzzy Logic Concepts, Developments and Implementation. Information. 2024; 15(10):656. doi: <https://doi.org/10.3390/info15100656>
2. S. Coupland and R. John, "Geometric type-1 and type-2 fuzzy logic systems," IEEE Transactions on Fuzzy Systems, vol. 15, no. 1, pp. 3–15, 2007 doi: [10.1109/TFUZZ.2006.889764](https://doi.org/10.1109/TFUZZ.2006.889764)

Зьора Іван Євгенійович - аспірант, асистент кафедри програмного забезпечення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ivan.zora@gmail.com.

Хошаба Олександр Мирославович - к.т.н, доцент, доцент кафедри програмного забезпечення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: pzmag2022@gmail.com.

Ivan Zora - Postgraduate Student, Assistant of the Department of Software, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ivan.zora@gmail.com.

Oleksandr Khoshaba - Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Software, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: pzmag2022@gmail.com.