

ПОБУДОВА ІНТЕРПРЕТАБЕЛЬНИХ ПРАВИЛ НА ОСНОВІ ОБМЕЖЕНИХ РОЗВ'ЯЗКІВ СИСТЕМИ НЕЧІТКИХ ЛОГІЧНИХ РІВНЯНЬ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Запропоновано нечітку модель на основі обмежених лінгвістичних розв'язків системи нечітких логічних рівнянь (СНЛР). Для заданого рівня деталізації обмеження накладаються на міри значимості первинних термів, що асоціюються з лінгвістичними модифікаторами. Запропоновано метод побудови інтерпретабельних правил шляхом розв'язання СНЛР з використанням лінгвістичних модифікаторів. Запропонований метод дозволяє виключити генерацію та відбір лінгвістичних описів у формі реляційних моделей даних. Процес налаштування спрощується завдяки можливості розпаралелити процес чисельного розв'язання СНЛР.

Ключові слова: нечіткі класифікаційні правила, система нечітких логічних рівнянь (СНЛР), інтервальні розв'язки, обмежені лінгвістичні розв'язки.

Abstract

A fuzzy model based on constrained linguistic solutions of the system of fuzzy relation equations (SFRE) is proposed. For the predefined granularity level, the constraints are imposed on significance measures of the primary terms associated with linguistic modifiers. A method for designing interpretable rules by solving the SFRE using linguistic modifiers is proposed. The proposed method allows eliminating generation and selection of linguistic descriptions in the form of relational data models. The tuning process is simplified due to ability to parallelize the process of numerical resolution of the SFRE.

Keywords: fuzzy classification rules, system of fuzzy relation equations (SFRE), interval solutions, constrained linguistic solutions.

Постановка задачі

Інтерпретабельність нечітких систем передбачає розробку нових моделей подання знань для досягнення необхідної точності без надмірної гранулярності [1, 2]. Інтерпретабельність визначається структурою моделі, де додаткові обмеження накладаються для досягнення компромісу між ступенем гранулярності та точністю [1]. Це призводить до необхідності селекції реляційної моделі даних, що забезпечує інтерпретабельність [1, 2]. Виникає проблема, яка полягає у перетворенні надмірної гранулярності на кращу інтерпретованість із збереженням точності. Лінгвістичний опис розбиття на рівні правил може бути отриманий за допомогою лінгвістичних виразів, які модифікують значення первинних термів [3]. Для нечітких баз знань класифікаційного типу вирішення проблеми «точність – складність» є метод генерації правил шляхом розв'язання системи нечітких логічних рівнянь (СНЛР), який забезпечує оптимальне розбиття на рівні правил [4-6]. Однак, метод [4-6] не передбачає лінгвістичну інтерпретацію інтервальних розв'язків СНЛР. Точні аналітичні методи розв'язання СНЛР з використанням лінгвістичних модифікаторів розглядають обмежені розв'язки, які дозволяють уникнути надмірної деталізації [7, 8]. Тому важливо розробити метод побудови інтерпретованих правил, який дозволяє спростити процес проектування шляхом усунення складних процедур відбору, зберігаючи при цьому повноту і точність бази знань.

Метод побудови інтерпретабельних правил на основі обмежених розв'язків СНЛР

В даній роботі пропонується метод побудови інтерпретабельних правил шляхом розв'язання СНЛР з використанням лінгвістичних модифікаторів. На етапі структурного налаштування нечітка модель будується на основі обмежених лінгвістичних розв'язків СНЛР. Міри значимості первинних термів описуються лінгвістичними модифікаторами. Для заданого рівня гранулярності обмеження накладаються на міри значимості первинних термів. Враховуючи обмеження, пов'язані з лінгвістичними модифікаторами, структура множини розв'язків моделюється бінарними відношеннями «модифіковані терми – терми у розбитті на рівні правил», де ваги термів приймають значення 1(0), якщо терм при-

сутній (відсутній) у лінгвістичному описі інтервального правила. Тоді задача структурного налаштування зводиться до ідентифікації нечітких відношень у лінгвістичних розв'язках СНЛР для кожного вихідного класу. Дотримуючись [4-6], задача розв'язання СНЛР формулюється як задача оптимізації, яка полягає в знаходженні реляційного розбиття, максимально наближеного до розбиття інтервальними розв'язками СНЛР. Для забезпечення повного лінгвістичного опису інтервального розбиття, множина обмежених розв'язків визначається множиною максимальних розв'язків для векторів двійкових ваг [7]. Запропонований підхід дозволяє уникнути генерації та відбору лінгвістичних описів у формі реляційних моделей даних. Процес налаштування спрощується завдяки паралельному розв'язанню задач оптимізації для кожного класу виходу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Pedrycz W., Chen Sh.-M. (Eds.). *Interpretable Artificial Intelligence: A Perspective of Granular Computing*. Studies in Computational Intelligence. – Cham: Springer, 2021. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-64949-4>
2. Spalko K. *Design of Interpretable Fuzzy Systems*. Studies in Computational Intelligence, Vol. 684. – Cham: Springer, 2017. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-52881-6>
3. Magdalena L. Semantic interpretability in hierarchical fuzzy systems: Creating semantically decouplable hierarchies // *Information Sciences*. – 2019. – Vol. 496. – P. 109–123. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.05.016>
4. Rotshtein A., Rakytyanska H. Optimal design of rule-based systems by solving fuzzy relational equations. In: Hippe, Z., Kulikowski, L., Mroczek, T., Wtorek, J. (Eds.), *Issues and Challenges in Artificial Intelligence*, Vol. 559, Studies in Computational Intelligence. – Cham: Springer, 2014. – P. 167–178. https://doi.org/10.1007/978-3-319-06883-1_14
5. Rakytyanska H. Optimization of fuzzy classification knowledge bases using improving transformations // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2017. – Vol. 5(2). – P. 33–41. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.110261>
6. Rakytyanska H. Classification rule hierarchical tuning with linguistic modification based on solving fuzzy relational equations // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – 2018. – Vol. 1(4). – P. 50–58. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.123567>
7. Di Nola A., Sessa S., Pedrycz W., Sanchez E. *Fuzzy Relational Equations and Their Applications to Knowledge Engineering*. – Dordrecht: Kluwer, 1989.
8. Bartl E., Belohlavek R., Vychodil V. Bivalent and other solutions of fuzzy relational equations via linguistic hedges // *Fuzzy Sets and Systems*. – 2012. – Vol. 187 (1). – P. 103–112. <https://doi.org/10.1016/j.fss.2011.05.020>

Ракитянська Ганна Борисівна — канд. техн. наук, доцент кафедри програмного забезпечення, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, rakit@vntu.edu.ua

Rakytyanska Hanna Borisovna — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Soft Ware Design Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, rakit@vntu.edu.ua