

РОЗВ'ЯЗАННЯ СИСТЕМ НЕЧІТКИХ ЛОГІЧНИХ РІВНЯНЬ НА ОСНОВІ ЛІНГВІСТИЧНИХ МОДИФІКАТОРІВ ДЛЯ ЗАДАЧ ДІАГНОСТИКИ

¹ Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розроблено метод розв'язання систем нечітких логічних рівнянь (СНЛР) на основі лінгвістичних модифікаторів. Запропоновано структуру множини розв'язків СНЛР на основі бінарних відношень «модифіковані терми – інтервальні розв'язки». Доведено властивості множини обмежених розв'язків для спрощеної і розширеної *max-min* композиції. Отримано спосіб пониження складності задачі чисельного розв'язання СНЛР за рахунок переходу до реляційної структури множини розв'язків.

Ключові слова: система нечітких логічних рівнянь, множина розв'язків, обмежені лінгвістичні розв'язки, генетичний алгоритм.

Abstract

The method based on linguistic modifiers for solving systems of fuzzy relational equations (SFRE) is developed. The structure of the solution set of the SFRE based on binary relations “modified terms – interval solutions” is proposed. The properties of the set of constrained solutions for the simplified and extended *max-min* composition are proven. The technique is obtained to reduce the complexity of the problem of numerical solution of the SFRE due to the transition to the relational structure of the solution set.

Keywords: system of fuzzy relational equations, solution set, constrained linguistic solutions, genetic algorithm.

Вступ

Нечіткі відношення і композиційне правило виведення широко використовуються у розв'язанні обернених задач, до яких належать задачі технічної і медичної діагностики [1, 2]. Матриця нечітких відношень зв'язує нечіткі терми, які описують вхідні і вихідні параметри (*підвищення тиску, забруднення фільтра, збільшення зазору*). Із композиційного правила виведення впливає система нечітких логічних рівнянь (СНЛР), яка зв'язує вектори мір значимостей причин і наслідків. Для багатофакторних залежностей розглядають СНЛР із спрощеною та розширеною *max-min* композицією [3, 4]. Задача відновлення входів (причин) за спостережуваними виходами (наслідками) формулюється у вигляді оберненого нечіткого логічного виведення і потребує розв'язання СНЛР [2]. Спрощена *max-min* СНЛР має множину розв'язків, яка визначається єдиним максимальним і множиною мінімальних розв'язків [2]. У роботі [5] доведено зв'язок задачі пошуку множини мінімальних розв'язків СНЛР із задачею про покриття множини, яка є NP-складною. У [5] доведено, що мінімальні розв'язки СНЛР відповідають ненадлишковим покриттям характеристичної матриці. Переважна більшість методів є точними і покладається на аналітичну розв'язуваність СНЛР [6].

Постановка задачі

Для задач діагностики в загальному випадку розв'язок СНЛР є наближеним. В роботах [3, 4] розв'язання СНЛР зведено до розв'язання задачі оптимізації за допомогою генетико-нейронного алгоритму. Формування множини інтервальних розв'язків здійснюється шляхом багаторазового розв'язання задачі оптимізації з послідовним зменшенням області пошуку. Проте для практичних задач достатньо подати розв'язок СНЛР у вигляді лінгвістичних модифікаторів (*незначне підвищення тиску, суттєве забруднення фільтра, значне збільшення зазору*). Тому одним з підходів до пониження складності задачі пошуку мінімальних розв'язків є пошук обмежених розв'язків СНЛР у вигляді лінгвістичних модифікаторів [6, 7]. Тоді розглядається задача розв'язання СНЛР з обмеженнями, де міри значимості причин приймають значення у межах, що відповідають кожному з модифікаторів.

Структура множини розв'язків

Введемо обмеження на значення мір значимості для розв'язків СНЛР наступним чином. Кожному лінгвістичному модифікатору ставиться у відповідність інтервал мір значимості, границі якого отримано для налаштованих функцій належності причин. Обмежені розв'язки подаються у вигляді векторів ваг модифікованих термів у лінгвістичному описі інтервальних розв'язків. Кожний інтервальний розв'язок описується бінарними відношеннями, а задача розв'язання СНЛР зводиться до знаходження множини розв'язків для вектора ваг термів. За умови обмежень, СНЛР має множини розв'язків, яка визначається множиною максимальних розв'язків для вектора ваг термів. Дотримуючись [3, 4], задачу розв'язання СНЛР сформульовано у вигляді задачі оптимізації.

Доведено властивості множини розв'язків із реляційною структурою для спрощеної і розширеної *max-min* композиції. Розроблено генетичний алгоритм пошуку множини лінгвістичних розв'язків. Адаптація лінгвістичних розв'язків в міру появи нових спостережуваних даних здійснюється за допомогою реляційної нейро-нечіткої мережі. Мережа, ізоморфна лінгвістичним розв'язкам СНЛР побудована таким чином, що вагами дуг, які підлягають налаштуванню, є ваги термів у покритті інтервальних розв'язків. Властивості розв'язків СНЛР з розширеною *max-min* композицією дозволили розпаралелити процес чисельного розв'язання СНЛР для верхньої і нижньої спрощених підмножин.

Висновки

Запропоновано структуру множини розв'язків СНЛР на основі бінарних відношень «модифіковані терми – інтервальні розв'язки». За умови обмежень на значення мір значимості причин, реляційна структура зберігає властивості множини розв'язків СНЛР. Отримано спосіб пониження складності задачі чисельного розв'язання СНЛР за рахунок переходу до реляційної структури множини розв'язків. Отримано порівняльні оцінки ефективності генетичного алгоритму для інтервальних і лінгвістичних розв'язків СНЛР.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Yager R., Filev D. Essentials of fuzzy modeling and control. – New York: John Wiley & Sons, 1994. – 408 p.
2. Peeva K., Kyosev Y. Fuzzy Relational Calculus. Theory, Applications and Software. – New York: World Scientific, 2004. – 291 p.
3. Rotshtein A., Rakytyanska H. Adaptive diagnostic system based on fuzzy relations // Cybernetics and Systems Analysis. – 2009. – Vol. 45 (4). – P. 623–637.
4. Rotshtein A., Rakytyanska H. Fuzzy logic and the least squares method in diagnosis problem solving. In: Sarma R. (Ed.). Genetic diagnoses. – New York: Nova Science Publishers, 2011. – P. 53–97.
5. Markovskii A. On the relation between equations with max-product composition and the covering problem // Fuzzy Sets and Systems. – 2005. – Vol. 153 (2). – P. 261–273.
6. Bartl E., Trnecka M. Covering of minimal solutions to fuzzy relational equations // International Journal of General Systems. – 2021. – Vol. 50 (2). – P. 117–138.
7. 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.

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