

# РОЗВ'ЯЗАННЯ СИСТЕМ НЕЧІТКИХ ЛОГІЧНИХ РІВНЯНЬ ЗАСОБАМИ ПАРАЛЕЛЬНИХ ОБЧИСЛЕНЬ MATLAB

<sup>1</sup> Вінницький національний технічний університет

## Анотація

Розроблено MATLAB-додаток для розв'язання систем нечітких логічних рівнянь. Процес формування множини розв'язків системи нечітких логічних рівнянь розподілено на підзадачі, які виконуються засобами паралельних обчислень MATLAB, що дозволяє спростити процес оберненого логічного виведення.

**Ключові слова:** система нечітких логічних рівнянь, множина розв'язків, генетичний алгоритм, паралельні обчислення.

## Abstract

MATLAB toolbox is developed for solving systems of fuzzy relational equations. The process of forming a solution set to a system of fuzzy logical equations is distributed into subtasks that are performed by means of parallel computing MATLAB toolbox, which makes it possible to simplify the process of inverse logic inference.

**Keywords:** system of fuzzy relational equations, solution set, genetic algorithm, parallel computing

## Вступ

Метою створення MATLAB-додатку є розробка програмного засобу для реалізації оберненого логічного виведення на основі нечітких правил і відношень [1-3]. Моделювання причинно-наслідкових зв'язків здійснюється на основі правила спрощеної *max-min* композиції, двоїстої *min-max* композиції, розширеної *max-min* композиції та ієрархічної *min-max/max-min* композиції. Алгоритм пошуку множини розв'язків системи нечітких логічних рівнянь включає: пошук нульового розв'язку; єдиної верхньої або нижньої границі; множини верхніх або нижніх границь; агрегацію спрощених підмножин для розширеного або багаторівневого правила виведення.

## Результати дослідження

Чисельне розв'язання систем нечітких логічних рівнянь передбачає використання функцій генетичних алгоритмів, реалізованих в MATLAB [4]. Алгоритм оптимізації оснований на кодуванні границь розв'язків, автоматичному встановленні обмежень на область пошуку, схрещуванні, мутації і селекції. MATLAB-додаток генерує функції відповідності для систем рівнянь із різними типами композиції. Схема пошуку множини розв'язків реалізована шляхом багаторазового запуску генетичного алгоритму із послідовним скороченням області пошуку до осередку границь інтервалів.

Нульовий розв'язок дозволяє організувати незалежне розв'язання задач оптимізації засобами паралельних обчислень MATLAB [5]. Пошук границь інтервалів виконується одночасно двома процесами. Сесія включає два паралельні процеси для пошуку єдиної верхньої або нижньої границі; множини верхніх або нижніх границь. Напрямок пошуку встановлюється автоматично відповідно до значення змінної циклу `parfor`. Параметри пошуку (кількість запусків генетичного алгоритму) визначаються локальними змінними кожного процесу. Визначення агрегаційного розв'язку потребує використання функцій MPI для комунікації між процесами і синхронізації процесу формування підмножин розв'язків [6]. Сесія продовжується допоки генеруються нові верхні або нижні границі розв'язків.

## Висновки

Встановлено, що запропонований підхід дозволяє спростити процес оберненого логічного виведення за рахунок виключення процедур генерування і селекції абдуктивних гіпотез. Процес формування множини розв'язків системи нечітких логічних рівнянь розподілено на підзадачі, які виконуються засобами паралельних обчислень MATLAB.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Rotshtein A. Fuzzy logic and the least squares method in diagnosis problem solving / Rotshtein A., Rakytyanska H. In: Sarma R. (Ed.). Genetic diagnoses. – New York: Nova Science Publishers, 2011. – P. 53–97.
2. Rotshtein A. Adaptive diagnostic system based on fuzzy relations / Rotshtein A., Rakytyanska H. // Cybernetics and Systems Analysis. – 2009. – Vol. 45(4). – P. 623–637. doi: 10.1007/s10559-009-9130-4
3. Rakytyanskaya A. Fuzzy relation-based diagnosis / Rakytyanskaya A., Rotshtein A. // Automation and Remote Control. – 2007. – Vol. 68(12). – P. 2198–2213. doi: 10.1134/S0005117907120089
4. MATLAB Global Optimization Toolbox User's Guide. The MathWorks, Inc., 2015.
5. MATLAB Parallel Computing Toolbox User's Guide. The MathWorks, Inc., 2019.
6. Алексеев М.О. Эффективность выполнения разрозненных вычислений при использовании среды Matlab / Алексеев М.О., Ермакова К.О., Кушнир В.В., Пингина Н.В. // Электроника и связь. Тематический выпуск «Электроника и нанотехнологии». – 2009. – ч. 2. – С. 308–313.

***Ракитянська Ганна Борисівна*** — канд. техн. наук, доцент кафедри програмного забезпечення, Вінницький національний технічний університет

***Rakytyanska Hanna Borisovna*** — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Soft Ware Design Department, Vinnytsia National Technical University