

Я. В. Іванчук¹
А. А. Яровий¹
І. В. Богач¹
О. В. Зелінська²
Р. С. Белзецький¹

МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ НА БАЗІ АЛГОРИТМУ ШТУЧНИХ ІМУННИХ СИСТЕМ

¹ Вінницький національний технічний університет;

² Донецький національний університет ім. Василя Стуса

Анотація

Запропоновано метод оптимізації нелінійних прикладних задач на основі евристичного алгоритму, що використовує біологічні механізми імунології.

Ключові слова: оптимізація, імунна система, цільова функція, ітерація.

Abstract

A method of optimisation of nonlinear applied problems based on a heuristic algorithm using biological mechanisms of immunology is proposed.

Keywords: optimisation, immune system, objective function, iteration.

Вступ

Штучна імунна система (ШИС) – це адаптивна обчислювальна система, що використовує моделі, принципи, механізми та функції, описані в теоретичній імунології, які застосовуються для розв'язання прикладних задач. Більшість задач науки і техніки належать до великого класу проблем пошуку оптимальних рішень, а саме оптимізаційних задач. Метою алгоритму ШИС є пошук оптимального розв'язку широкого класу задач.

Метою роботи є розроблення метаевристичного алгоритму методу оптимізації в основі якого покладені природні механізми імунних систем, що дозволить визначати глобальний екстремум на широкому діапазоні можливих локальних оптимальних рішень.

Результати дослідження

Метод штучних імунних систем (ШИС) використовує ідеї, запозичені з імунології, імітуючи роботу імунної системи живого організму [1]. Імунною системою живого організму називається підсистема, що об'єднує органи і тканини, які захищають організм від захворювань.

Цільова функція $f(x)$ еквівалентна природному поняттю пристосованості імунної клітини до боротьби з антигенами, тобто здатності клітини виробляти антитіла. Вектор параметрів $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T \in D$ цільової функції називається імунною клітиною, яка виробляє антитіла.

При розв'язанні задачі глобальної оптимізації використовуються кінцеві набори $I = \left\{ x^j = (x_1^j, x_2^j, \dots, x_n^j)^T, j = 1, 2, \dots, N_p \right\} \subset D$ можливих рішень, які називаються популяціями, де x^j – імунна клітина з номером j , N_p – розмір популяції. Чим менше значення цільової функції $f(x^j)$, тим більше імунна клітина x^j пристосована, тобто здатна продукувати необхідні антитіла, та підходить в якості рішення. Застосування ШИС зводиться до дослідженню множини D за допомогою переходу від однієї популяції до іншої. Чим більше значення цільової функції $f(x^j)$, тим більше імунна клітина x^j пристосована, тобто здатна продукувати необхідні антитіла (рішення оптимізації).

Метод ШИС імітує еволюцію початкової популяції:

$$I_0 = \left\{ x^j, j = 1, 2, \dots, I_p \mid x^j = (x_1^j, x_2^j, \dots, x_n^j)^T \in D \right\},$$

де I_p – початковий розмір популяції представляє собою ітераційний процес. Під час роботи методу ШІС на кожній ітерації до популяції застосовуються біологічні оператори: клонування, мутація та селекція, після чого відбувається заміна клітин з низьким рівнем пристосованості новими.

Для визначення ефективності роботи розробленого алгоритму оптимізації на базі ШІС було використано цільову функцію виду: $f(x, y) = \frac{1}{1 + x^2 + y^2}$ (рис. 1, а). Результатом програмної реалізації рішення є діаграма обчислень функції пристосованості імунної клітини до боротьби з антигенами в залежності від кількості ітерацій на рисунку 1, б.

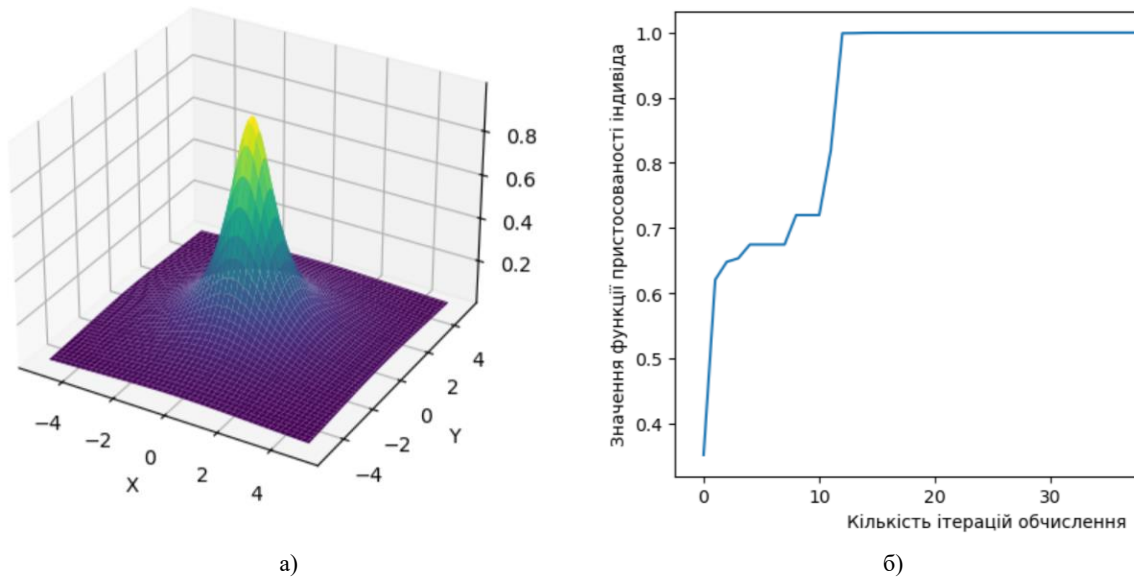


Рис. 1. Результати застосування алгоритму ШІС:

а – загальний вигляд цільової функції; б – діаграма процесу обчислення глобального екстремуму

Висновки

Встановлено, що запропонований підхід оптимізації на основі штучних імунних систем дозволяє визначати значення глобального екстремуму для широкого класу нелінійних задач.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Computational Methods and Algorithms : textbook / R. Kvyetnyy, Y. Ivanchuk. – Vinnytsya: VNTU, 2024. – 282 p. ISBN 978-617-8163-19-8.

Іванчук Ярослав Володимирович – доктор техн. наук, професор кафедри комп’ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: ivanchuck@ukr.net.

Яровий Андрій Анатолійович – доктор техн. наук, професор, завідувач кафедри комп’ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: a.yarovyy@vntu.edu.ua.

Богач Ілона Віталіївна – канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизації та інтелектуальних інформаційних технологій, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: ilona.bogach@gmail.com.

Зелінська Оксана Владиславівна – канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри інформаційних технологій, Донецький національний університет ім. Василя Стуса, Вінниця, e-mail: o.zelinska@donnu.edu.ua.

Белзетський Руслан Станіславович – канд. техн. наук, доцент кафедри комп’ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: belzetskiy@vntu.edu.ua.

Ivanchuk Yaroslav V. – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Department of Computer Science, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ivanchuck@ukr.net.

Yarovyi Andrii A. – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Department of Computer Science, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: a.yarovyy@vntu.edu.ua.

Bogach Ilona V. – Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor, Department of Automation and Intelligent Information Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ilona.bogach@gmail.com.

Zelinska Oksana V. – Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor, Head of the Department of Information Technology, Vasyl' Stus Donetsk National University, Vinnytsia, e-mail: o.zelinska@donnu.edu.ua.

Belzetskyi Ruslan S. – Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor, Department of Computer Science, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: belzetskiy@vntu.edu.ua.