

УДК 004.023

Ю. А. Бендерук, студ.;

М. О. Гранік, студ.;

В. І. Месюра, канд. техн. наук, проф.

## ДИНАМІЧНА ЗМІНА КОЕФІЦІЄНТІВ СОЦІАЛІЗАЦІЇ ТА ПЕРСОНАЛІЗАЦІЇ МЕТОДУ РОЮ ЧАСТОК ПІД ЧАС РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ ПРО РОЗПОДІЛ ЕКОНОМІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

*Проаналізовано переваги застосування методу рою часток під час розв'язання задачі про розподіл економічного навантаження. Запропоновано метод динамічної зміни коефіцієнтів персоналізації та соціалізації методу рою часток, який забезпечує кращі результати у порівнянні із класичним методом рою часток.*

### Вступ

Використання методів штучного інтелекту для розв'язання прикладних задач — актуальна та важлива тема. На нинішньому етапі розвитку суспільства підприємництво та наука (особливо наука, пов'язана із розвитком інформаційних технологій) тісно взаємопов'язані. Інтеграція цих двох галузей людської діяльності завжди була і зараз залишається актуальною та важливою проблемою.

*Метою роботи є демонстрація можливості застосування методу рою часток для розв'язання задачі про розподіл економічного навантаження, а також демонстрація переваг, які надає динамічна зміна коефіцієнтів персоналізації та соціалізації.*

### Формулювання задачі про розподіл економічного навантаження

Задача про розподіл економічного навантаження формулюється таким чином: дано  $N$  станцій, кожна з яких випускає паливо. Вартість випуску  $p_i$  одиниць палива в  $i$ -й станції визначається за формулою

$$f_i = A_i p_i^2 + B_i p_i + C_i, \quad i = 1, 2, \dots, N. \quad (1)$$

Випуск палива на кожній із станцій має задовольняти обмеженням

$$pMin_i \leq p_i \leq pMax_i, \quad i = 1, 2, \dots, N. \quad (2)$$

Необхідно випустити рівно  $s$  одиниць палива, мінімізувавши при цьому загальні витрати.

У наведених вище формулах  $A_i$ ,  $B_i$ ,  $C_i$ ,  $pMin_i$ ,  $pMax_i$  — деякі константи, що характеризують  $i$ -ту станцію.

Така задача належить до класу задач нелінійного програмування.

### Метод рою часток і його застосування до задачі про розподіл економічного навантаження

Метод рою часток — імітаційний метод, що був винайдений у 1995 році Еберхартом, Кеннеді та Ши. Основою алгоритму є імітація поведінки птахів або риб під час самонавчання [1].

Сам метод полягає у такому. На початку роботи алгоритму випадковим чином генерується популяція часток, кожна з яких має швидкість, позицію у просторі рішень, а також функцію пристосованості. Швидкість та позиція частки — це вектори, розмірність яких збігається з розмірністю простору пошуку рішень.

Після початкової ініціалізації відбувається ітеративний процес. На кожній ітерації для кожної частки перераховується її швидкість. Формула для перерахунку швидкості має вигляд:

$$v_j^{(i+1)} = v_j^{(i)} + c_1 \cdot \text{rand}() \cdot (pbest - current) + c_2 \cdot \text{rand}() \cdot (gbest - current), \\ i = 1, 2, \dots, T.; \quad j = 1, 2, \dots, N. \quad (3)$$

де  $v_j^{(i)}$  — значення  $j$ -ї координати вектора швидкості на  $i$ -й ітерації;  $v_j^{(i+1)}$  — це саме значення на  $(i + 1)$ -й ітерації;  $c_1$  — важливість персональної складової;  $rand()$  — випадкова величина, рівномірно розподілена на відрізку  $[0; 1]$ ;  $pbest$  — мінімальна досягнута для цієї частки функція пристосованості, що була досягнута під час ітеративного процесу,  $current$  — її поточна функція пристосованості,  $gbest$  — краща досягнута під час ітеративного процесу функція пристосованості серед усіх часток популяції,  $c_2$  — важливість соціальної складової;  $T$  — кількість ітерацій.

Константи  $c_1$  та  $c_2$  показують, наскільки частки орієнтуються на власні та глобальні досягнуті результати відповідно.

На основі зміненої швидкості частки перераховується також її позиція. До кожної координати вектора позиції частки додається відповідне значення координати вектора швидкості. Правило перерахунку позиції є таким:

$$p^{(i+1)} = p^{(i)} + v. \quad (4)$$

Після обчислення нової позиції перераховується функція пристосованості.

Результат роботи алгоритму — краща досягнута під час ітераційного процесу функція пристосованості [2].

Застосовуючи метод рою часток до задачі про розподіл економічного навантаження у якості позиції частки, доцільно використати вектор, що містить інформацію про кількість палива, яку випускає кожна станція. Відповідно, розмірність простору рішень збігається із загальною кількістю станцій. Функцією пристосованості є мінімально можлива сума, за яку можна випустити  $s$  одиниць палива.

Під час генерації початкової позиції необхідно врахувати усі обмеження (як обмеження на випуск палива на окремій станції, так і обмеження щодо сумарного випуску палива).

Дослідження показали, що результати, які в середньому мінімізують загальні витрати, алгоритм показує з такими константами:  $N = 70$  особин,  $T = 2000$ ,  $c_1 = c_2 = 2$ .

### Динамічна зміна коефіцієнтів соціалізації та персоналізації

Окрім своєї основної функції — показувати, наскільки частки орієнтуються на свій особистий кращий результат і на кращий результат часток всього рою — коефіцієнти соціалізації та персоналізації також визначають рухливість частки у просторі рішень. З великою ймовірністю на етапі завершення ітераційного процесу частки знаходяться у точках, що є близькими до оптимального рішення. Тому на цьому етапі доцільно обмежити рухливість часток для того, щоб вони шукали оптимальну відповідь в околі свого поточного місця знаходження.

Пропонується зменшувати значення коефіцієнтів соціалізації та персоналізації динамічно, а саме — за експоненціальним законом:

$$c_j^{(i+1)} = c_j^i \cdot k, \quad j = 1, 2 \dots T - 1, \quad (5)$$

де  $c_j^i$  — значення коефіцієнта персоналізації чи соціалізації на  $i$ -му кроці ітераційного процесу;

$c_j^{(i+1)}$  — значення цього ж коефіцієнта на  $(i + 1)$ -му кроці ітераційного процесу,  $k$  — деякий коефіцієнт у межах від 0 до 1 виключно. Така зміна гарантує плавне зменшення коефіцієнтів персоналізації та соціалізації і дозволяє суттєво зменшити рухливість часток на завершальному етапі ітераційного процесу.

### Порівняння класичного методу рою часток і методу рою часток із динамічною зміною коефіцієнтів соціалізації та персоналізації з іншими типовими алгоритмами розв'язання задачі про розподіл економічного навантаження

Проведено порівняння класичного методу рою часток, методу рою часток із динамічною зміною коефіцієнтів соціалізації та персоналізації та генетичного алгоритму.

Для порівняння використані коректні випадкові набори вхідних даних, кожен параметр яких — рівномірно розподілена випадкова величина. Кількість станцій, що випускають паливо, належала проміжку  $[0; 1000]$ . Параметри кожної станції належали проміжку  $[0; 10000]$ . Загальний обсяг палива також обирався випадковим чином, причому так, щоби зберегти коректність вхідних даних. Алгоритми порівнювались на трьох вибірках, що склались із 10, 50 та 100 тестових наборів,

відповідно. Критерій порівняння — середнє значення цільової функції (вартості випуску палива в умовних одиницях) для всіх тестів вибірки. Результат порівняння подано у таблиці.

**Результат порівняння класичного методу рою часток та методу рою часток із динамічною зміною коефіцієнтів соціалізації та персоналізації**

Розмір вибірки	Результат генетичного алгоритму	Результат класичного методу рою часток	Результат методу рою часток із динамічною зміною коефіцієнтів соціалізації та персоналізації
10	$1,0699 \cdot 10^{13}$	$1,0679 \cdot 10^{13}$	$1,0666 \cdot 10^{13}$
50	$1,1428 \cdot 10^{13}$	$1,1419 \cdot 10^{13}$	$1,1417 \cdot 10^{13}$
100	$1,0834 \cdot 10^{13}$	$1,0832 \cdot 10^{13}$	$1,0831 \cdot 10^{13}$

Таблиця наочно демонструє, що метод рою часток із динамічною зміною коефіцієнтів соціалізації і персоналізації знаходить розв'язки, що є оптимальнішими за ті, які знаходять деякі класичні алгоритми під час розв'язання задачі про розподіл економічного навантаження.

### Висновки

У роботі показано можливість застосування методу рою часток до розв'язання задачі про розподіл економічного навантаження. Запропоновано метод динамічної зміни коефіцієнтів соціалізації та персоналізації. Показано доцільність застосування цього методу для розв'язання задачі про розподіл економічного навантаження методом рою часток.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Девятков В. Системи штучного інтелекту / Володимир Девятков. — М. : вид-во МГТУ ім. Баумана, 2001. — 352 с. — ISBN 5-7038-1727-7.
2. Рассел Стюарт. Штучний інтелект. Сучасний підхід : пер. з англ. / Стюарт Рассел, Пітер Норвіг. — М. : Вільямс, 2006. — 1408 с. — ISBN 5-8459-0887-6.

Рекомендована кафедрою комп'ютерних наук

Стаття надійшла до редакції 16.04.2013

Рекомендована до друку 16.05.2013

**Бендерук Юлія Андріївна, Гранік Михайло Олександрович** — студенти Інституту інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії;

**Месюра Володимир Іванович** — професор кафедри комп'ютерних наук.

Вінницький національний технічний університет, Вінниця