

## **ПОРІВНЯННЯ ОБЧИСЛЮВАЛЬНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ДИНАМІЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ ТА ГЕНЕТИЧНОГО АЛГО- РИТМУ ПІД ЧАС РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗ- ПОДІЛУ ОДНОРІДНИХ РЕСУРСІВ**

к.т.н. М.М. Потьомкін  
(подав д.т.н., проф. Ю.В. Стасєв)

*На конкретному прикладі проведено порівняння обчислювальної ефективності динамічного програмування та генетичного алгоритму. Показано, що генетичний алгоритм дозволяє здійснити пошук кращого розв'язка задачі розподілу однорідних ресурсів за прийнятний час. Наголошено, що результати розрахунків дозволяють рекомендувати використання генетичних алгоритмів під час проведення оперативно-тактичних розрахунків.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Одним з важливих етапів проведення оперативно-тактичних розрахунків є розв'язання задач розподілу ударних ресурсів, що повинне забезпечити досягнення визначеної мети операції (бойових дій) шляхом ефективного використання наявних сил та засобів. У зв'язку з тим, що результати таких розрахунків фактично є основою для планування бойових дій, методи розв'язання задач розподілу ресурсів повинні бути обчислювально ефективними: забезпечувати прийнятну точність отриманого розв'язку за припустимий час розрахунків. Крім того необхідно врахувати, що на значення змінних додатково накладаються умови цілочисельності та дискретності, а це, в свою чергу, суттєво ускладнює пошук прийнятних методів розв'язання таких задач. Одним з методів, що широко використовується за теперішнього часу для розв'язання задач розподілу ресурсів як цілочисельних, є динамічне програмування [1 – 3 та ін.].

Однак його основним недоліком є різке зростання обсягу розрахунків зі зростанням кількості змінних та обмежень [4, 5 та ін.]. Крім того, у [2] зазначено, що цей метод доцільно використовувати для отримання наближеного розв'язку задачі оптимізації, тобто існує деякий резерв ефективності, який залишається невикористаним під час розв'язання задачі методом динамічного програмування.

Тому пошук альтернативних обчислювально більш ефективних методів розв'язання зазначеної задачі, є, на наш погляд, актуальним науковим завданням.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** За [1, 3] формалізована постановка задачі розподілу однорідних засобів ураження по об'єктах противника має такий вигляд. Необхідно розподілити наявну кількість бойових одиниць  $N$  по  $m$  об'єктах удару, які мають різний ступінь важливості  $c_j, j = 1, 2, \dots, m$ , тобто максимізувати функцію

$$W = \sum_{j=1}^m c_j \left[ 1 - (1 - p_j)^{n_j} \right] \Rightarrow \max \quad (1)$$

за таких обмежень

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^m n_j \leq N; \\ n_j \in \{0, 1, \dots, N\}, \end{cases} \quad (2)$$

де  $n_j$  – кількість бойових одиниць, що призначаються на  $j$ -ий об'єкт;  $p_j$  – ймовірність ураження  $j$ -го об'єкта однією бойовою одиницею.

Крім того, у [3] наголошується на необхідності виконання обмеження на загальну ймовірність ураження об'єкта, тобто

$$0,8 \leq \left[ 1 - (1 - p_j)^{n_j} \right] \leq 1. \quad (3)$$

Там же наводиться конкретний приклад розрахунків (табл. 1), результати яких у подальшому використаємо як базові для порівняння. При цьому загальна кількість бойових одиниць складає  $N = 12$ , а досягнуте за методом динамічного програмування значення критерію ефективності становить  $W = 11,14$ .

Таблиця 1

Вихідні дані та результати розв'язання задачі оптимізації  
за методом динамічного програмування

Номер об'єкта, $j$	Важливість об'єкта, $c_j$	Ймовірність ураження об'єкта, $p_j$	Кількість бойових одиниць, призначених на об'єкт, $n_j$
1	1,5	0,4	5
2	2,5	0,5	3
3	3,5	0,6	2
4	5	0,7	2

Наведені вище недоліки метода динамічного програмування потребують пошуку альтернативного цілочисельного метода розв'язання задачі (1) – (3).

Розгляд сучасних методів розв'язання задач оптимізації [4 – 8] показав, що у даному випадку, на наш погляд, найбільш доцільним є використання генетичних алгоритмів (ГА) [7, 8], що пояснюється їх універсальністю, потенційно високою ефективністю, відсутністю спеціальних

вимог до виду цільової функції та обмежень, а також простою програмної реалізації.

За [8] ідея методу ГА полягає в наступному.

На першому етапі випадковим чином генерують вихідну популяцію хромосом, які в кодованому вигляді містять інформацію про значення незалежних змінних. Потім обчислюється значення пристосованості кожної особини в популяції, на основі якої обираються батьки для схрещування. На наступному кроці визначається пристосованість нащадка і таким чином заповнюється популяція наступного покоління.

При цьому, внаслідок використання спеціальних генетичних операторів, функція пристосованості (фактично значення цільової функції) від покоління до покоління покращується та досягає максимуму в останньому поколінні.

Використання ГА для розв'язання конкретної задачі потребує приведення математичної постановки задачі до вигляду, придатного до застосування ГА.

**Формулювання цілей статті (постановка завдання).** На основі викладеного було поставлене таке завдання досліджень: розробити модифікацію задачі (1) – (3), яка дозволить застосувати ГА, реалізувати ГА програмно, розв'язати задачу оптимізації (1) – (3) з вихідними даними, наведеними у таблиці 1, та порівняти результати, отримані за ГА, з відомими [3].

**Виклад основного матеріалу досліджень.** Для можливості розв'язання зазначеної задачі за допомогою ГА, вона була зведена до функції пристосованості виду

$$f(X) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } \sum_{j=1}^m n_j \geq N; \\ \sum_{j=1}^m c_j k_j \left[ 1 - (1 - p_j)^{n_j} \right], & \text{в інших випадках,} \end{cases} \Rightarrow \max; \quad (4)$$
$$k_j = \begin{cases} 1, & \text{якщо } 0,8 \leq \left[ 1 - (1 - p_j)^{n_j} \right] \leq 1; \\ 0, & \text{в інших випадках,} \end{cases}$$

без обмежень.

Окремо необхідно зупинитись на значенні коефіцієнта  $k_j$ , що додатково введений нами у значення функції пристосованості (4).

Аналіз виразів (2) і (3) свідчить, що їх умовно можна поділити на два типи: “жорсткі” (умова (2)) та “м'які” (умова (3)). Порушення “жорстких” умов призводить до розподілу, який не може бути реалізований

фізично, тому значення функції пристосованості для цього випадку дорівнює нулю і відповідна особина у подальшому виключається з розрахунків. Порушення “м’яких” умов призводить до ситуації, коли розподіл може бути реалізований фізично, однак бойове завдання стосовно відповідного об’єкту не буде виконане. Тому для таких об’єктів функція локальної ефективності примусово встановлюється такою, що дорівнює нулю, однак відповідні особини з подальшої еволюції не виключаються і можуть виступати батьками для формування наступного покоління. Таку регулятивну функцію і виконує коефіцієнт  $k_j$  у (4).

Загальна кількість генів у хромосомі відповідає кількості об’єктів ураження. Кожний ген містить значення кількості бойових одиниць, що призначаються на відповідний об’єкт. Така структура хромосоми відповідає поліалельному варіанту ГА, який і буде використаний нами у подальшому.

Процес оптимізації полягає у багаторазовому генеруванні (за деякими правилами) варіантів векторів незалежних змінних та визначенні для них значень функції пристосованості (4). За оптимальний розв’язок приймається вектор змінних, якому відповідає найбільше значення функції (4) серед всіх розрахованих.

Для перевірки можливості практичного використання розробленого підходу у середовищі програмування Delphi 5.5 була створена програма для ПЕОМ, яка дозволяє розв’язувати задачу оптимізації у постановці (1) – (3) за допомогою ГА.

Відбір “батьків” для схрещування здійснювався за турнірною схемою з двома учасниками. Формування наступного покоління здійснювалось за елітною схемою, коли найкращий генотип примусово переносився у наступне покоління. Модифікація генотипу здійснювалась за допомогою рівномірного кросоверу з ймовірністю 0,9, мутації з ймовірністю 0,95 та інверсії з ймовірністю 0,2. Кількість особин у популяції складала 50, а кількість поколінь – 250. Час розрахунків на ПЕОМ Pentium-166 48 с. Додаткове налагодження параметрів ГА не здійснювалась. Результати розв’язання задачі наведені у табл. 2.

Порівняння результатів розрахунків за цими методами свідчить, що використання ГА дозволило знайти більш ефективний варіант розподілу, ніж метод динамічного програмування (в даному випадку, на 1,6%), що свідчить про потенційно високу обчислювальну ефективність ГА.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Аналіз результатів проведених досліджень засвідчив, що застосування ГА дозволяє досить ефективно розв’язувати задачі розподілу виду (1) – (3).

Запропонований підхід суттєво розширює математичний та алгоритмічний апарат, який може застосовуватись під час проведення оперативно-тактичних розрахунків. Він надає змогу за єдиною методикою

розв'язувати широкий клас задач, що можуть бути зведені до функції пристосованості виду (4).

Таблиця 2

Результати розподілу однорідних ресурсів  
за генетичним алгоритмом

j	$n_j$	$\left[1 - (1 - p_j)^{n_j}\right]$	$\sum_{j=1}^m c_j k_j \left[1 - (1 - p_j)^{n_j}\right]$
1	4	0,870	1,306
2	3	0,875	2,188
3	3	0,936	3,276
4	2	0,910	4,550
Загалом	12		11,319

Подальший розвиток запропонованого підходу ми вбачаємо у практичній перевірці обчислювальної ефективності ГА під час розв'язання задач розподілу ресурсів у інших постановках.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Гурин Л.С., Дымарский Я.С., Меркулов А.Д. *Задачи и методы оптимального распределения ресурсов*. – М.: Советское радио, 1968. – 464 с.
2. Абчук В.А., Матвейчук Ф.А., Томашевский Л.П. *Справочник по исследованию операций*. – М.: Воениздат, 1979. – 368 с.
3. Куля Б.М., Бондік О.С. *Основи методики розподілу сил та засобів по завданнях (об'єктах удару) на основі використання методу динамічного програмування // Труды НАО*. – К.: 2003. – № 43. – С. 80 – 85.
4. Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В. *Курс методов оптимизации*. – М.: Наука, 1986. – 328 с.
5. Степанюк В.В. *Методи математичного програмування*. – К.: Вища школа, 1977. – 272 с.
6. Гютя В.І., Шевченко В.І., Стрюк В.К. *Дискретне програмування. Методичні вказівки до проведення практичних та самостійних занять з курсу "Дослідження операцій" для студентів факультету кібернетики*. – К.: Електронне видання. Електронна бібліотека факультету кібернетики Київського національного університету ім. Т.Г.Шевченка, 2003. – 35 с.
7. Вороновский Г.К., Махотило К.В., Петрашев С.Н., Сергеев С.А. *Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности*. – Х.: Основа, 1997. – 112 с.
8. Минаков И.А. *Сравнительный анализ некоторых методов случайного поиска и оптимизации // Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. – 1999. – № 2. – С. 286 – 293.

Надійшла 1.12.2004

**ПОТЬОМКІН Михайло Михайлович**, канд. техн. наук, ст. науковий співробітник, провідний науковий співробітник. Область наукових інтересів – методи оптимізації.