

ЗАСТОСУВАННЯ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМА ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ РОЗМІЩЕННЯ-АКТИВАЦІЇ

Сергеев О.С.¹

¹ НТУ «Дніпровська політехніка», Україна

Анотація. У роботі розглянуто застосування генетичного алгоритму для розв'язання задачі розміщення-активації. Наголошено на актуальності проблеми медичної логістики, особливо в умовах кризових ситуацій. Автором сформульовано практичну постановку задачі та запропоновано математичну модель. Відповідно до математичної постановки, отримано, що задача є комбінованою задачею неперервно-дискретної оптимізації, в якій неперервна оптимізація використовується для розміщення центрів дистрибуції а дискретна - для активації субрегіональних центрів. Для розв'язання задачі використовується генетичний алгоритм із пріоритетним кодуванням хромосом, у якому застосовано зважений кросовер. Відбір хромосом здійснюється методом рулетки, а операція мутації реалізована у вигляді змішаної адаптивної процедури з двома можливими варіантами змін: заміною або вставкою. Результати роботи можуть бути застосовні до покращення логістичних процесів у сфері медичної логістики регіонального рівня.

Ключові слова: дискретна оптимізація, неперервна оптимізація, генетичний алгоритм, логістика, транспортування

Система медичної логістики України останніми роками перебуває під впливом низки серйозних кризових ситуацій, що створює значні виклики та додаткове навантаження. Зокрема, пандемія COVID-19 вказала на недостатню готовність логістичних структур до оперативного забезпечення населення необхідними ліками та імунобіологічними препаратами. Повномасштабне вторгнення 2022 року виявило нагальну потребу в ефективному транспортуванні та розподілі значних обсягів лікарських засобів як гуманітарної допомоги. Це зумовило необхідність відкриття нових розподільчих центрів у регіонах. Перейдемо до розгляду практичної постановки проблеми. Для оперативного реагування на критичну ситуацію створюється M субрегіональних центрів (СРЦ), які забезпечують накопичення, зберігання та первинний розподіл ліків і виробів медичного призначення (ВМП). Через обмежені ресурси та логістичні труднощі урядом активується

лише L з M центрів, обраних за географічним розташуванням, транспортною доступністю, ємністю складів та швидкістю реагування. Активовані СРЦ здійснюють перерозподіл до K центрів дистрибуції, розташованих в області, які вже надають послуги та медичні засоби населенню своїх зон. Саме ці центри необхідно розмістити. Завдання планування – визначити комбінацію регіональних і субрегіональних центрів, місця розташування центрів дистрибуції та розробити транспортний план, що мінімізує витрати й повністю задовольняє потреби населення у ліках і ВМП. Ця задача може бути описана за допомогою математичної моделі задачі розміщення-активації, а саме:

$$\min_{\theta(\cdot) \in \Theta, \tau^I \in \Omega^N, v \in R_{NM}^+} \sum_{j=1}^M A_j \theta_j + \sum_{i=1}^N \int_{\Omega_i} c_i^I(x, \tau_i^I) \rho(x) dx + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M c_{ij}^I v_{ij}^I, \quad (1)$$

за обмежень:

$$\sum_{j=1}^M v_{ij}^I \theta_j = \int_{\Omega_i} \rho(x) dx, \quad i = \overline{1, N}, \quad (2)$$

$$\int_{\Omega} \rho(x) dx \leq \sum_{j=1}^M b_j^{II} \theta_j, \quad j = \overline{1, M}, \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^N v_{ij}^I \leq b_j^{II}, \quad \sum_{j=1}^M \theta_j \leq L, \quad j = \overline{1, M}, \quad (4)$$

$$\bigcup_{i=1}^N \Omega_i = \Omega, \quad \text{mes}(\Omega_i \cap \Omega_j) = 0, \quad i \neq j, \quad i, j = \overline{1, N}, \quad (5)$$

$$v_{ij}^I \geq 0, \quad i, j = \overline{1, N}, \quad \theta_j \in \{0; 1\}, \quad j = \overline{1, M}, \quad (6)$$

$$\tau^I = (\tau_1^I, \tau_2^I, \dots, \tau_N^I), \quad \tau^I \in \Omega^N. \quad (7)$$

У цій моделі:

Ω – зона обслуговування клієнтів;

Ω_i – обслуговування клієнтів для i -го ЦД;

N – необхідна кількість ЦД;

M – загальна кількість СРЦ, доступних для активації;

L – максимальна кількість можливих активованих СРЦ;

J – набір субрегіональних центрів, доступних для активації;

b_j^{II} – пропускна здатність j -го СРЦ;

A_j – витрати на активацію j -го СРЦ;

$c_i^I = c(x, \tau_i^I)$ – транспортні витрати між ЦД i та клієнтом у точці x ;

$c_{ij} = c(\tau_i^I, \tau_j^{II})$ – транспортні витрати між СРЦ та ЦД;

$\rho(x)$ – попит на лікарські засоби у точці x області;

$\tau_i^r = (\tau_{i1}^r, \tau_{i2}^r)$ – координати ЦД ($r=I$) або СРЦ ($r=II$);

v_{ij}^I – об'єм (в одиницях ваги) лікарських засобів та медичного обладнання, що транспортується з СРЦ j до ЦД i ;

$\theta_j = 1$, якщо СРЦ j активовано; $\theta_j = 0$ інакше.

Для розв'язання оптимізаційних задач ми пропонуємо використати комбінацію підходів двох теорій: еволюційний підхід, а саме генетичний алгоритм [1] для дискретної оптимізації; застосування підходів із теорії оптимального розбиття множин [2] для неперервної оптимізації. Загальна схема розв'язання наведена на рис. 1, де представлені основні етапи запропонованого загального алгоритму розв'язання задачі, що відображає класичну структуру генетичного алгоритму. Основна особливість запропонованого підходу полягає в етапі оцінювання хромосом. Розглянемо детальніше процедуру оцінювання. Для цього спочатку здійснюється розміщення центрів дистрибуції за допомогою модуля розміщення [3], що використовує методи з теорії оптимального розбиття множин. Після цього виконується декодування хромосоми та активація складів регіонального центру. В результаті отримується схема перевезень та визначається фітнес хромосоми. Алгоритм складається з наступних основних кроків.

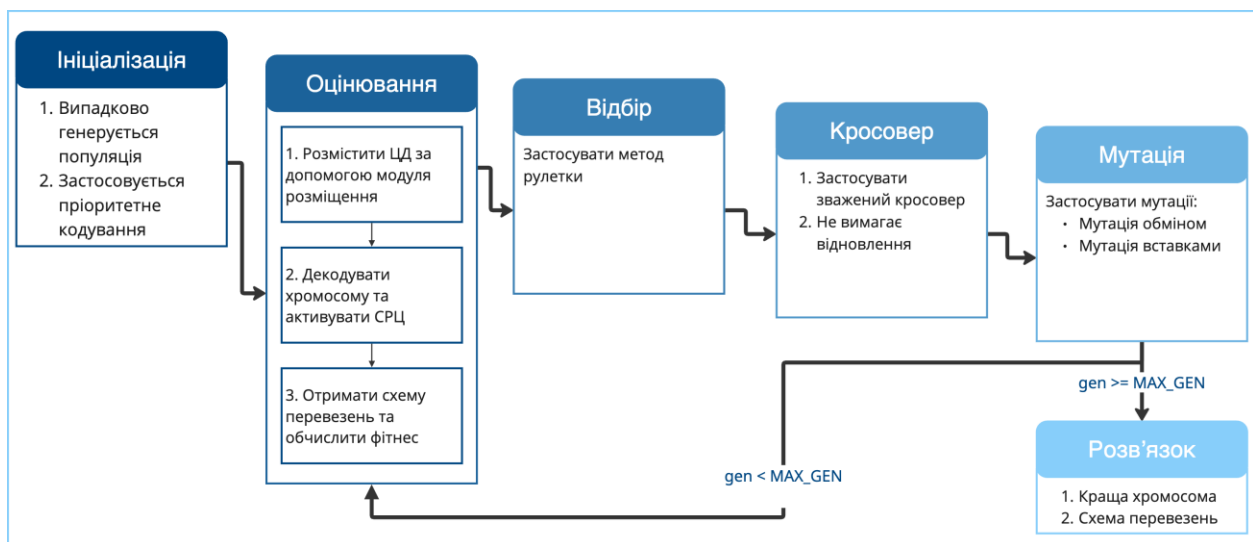


Рисунок 1 – Основні кроки розв'язання задачі

На першому етапі створюється початкова популяція шляхом випадкової генерації потенційних рішень. Плани перевезень представляються за допомогою пріоритетного кодування, після чого здійснюється їх перетворення на хромосоми.

На другому етапі проводиться оцінювання отриманих хромосом шляхом обчислення значення цільової функції. Для кожної хромосоми визначаються оптимальні місця розташування ЦД, шляхом розв'язання відповідної задачі із застосуванням модуля розміщення.

Після оцінювання виконується відбір найкращих хромосом за методом рулетки. Для схрещування застосовується зважений кросинговер, що дозволяє уникнути додаткових процедур відновлення коректності рішення. Мутація реалізована у вигляді змішаної адаптивної процедури, яка передбачає два варіанти: заміну та вставку.

Цикл ітеративно повторюється до досягнення критерію зупинки, яким виступає максимальна кількість поколінь. В результаті виконання алгоритму отримується хромосома з найкращою пристосованістю, яка представляє план транспортування.

Висновки. У роботі досліджено задачу розміщення-активації. Наголошено на актуальності цієї проблеми, особливо за умов виникнення кризових ситуацій, коли якісне й оперативне управління логістичними процесами має критичне значення для забезпечення населення необхідними медичними ресурсами.

У рамках дослідження запропоновано математичну модель задачі, яка поєднує неперервну оптимізацію для визначення оптимального розташування центрів дистрибуції (ЦД) та дискретну оптимізацію для активації субрегіональних центрів (СРЦ).

Розроблено комбінований алгоритм розв'язання на основі генетичного алгоритму, що використовує пріоритетне кодування хромосом. В алгоритмі реалізовано зважений кросовер та відбір хромосом методом рулетки. Мутація здійснюється за допомогою змішаної адаптивної процедури із двома варіантами: заміною або вставкою.

Отримані результати можуть бути використані для покращення регіональних логістичних процесів у сфері медичного забезпечення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Gen M., Lin L. Genetic algorithms and their applications. *Springer handbook of engineering statistics*. 2012. P. 635–674. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4471-7503-2_33.
2. Two-stage problems of optimal location and distribution of the humanitarian logistics system's structural subdivisions / L. S. Koriashkina et al. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2024. No. 1. P. 130–139. URL: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-1/130>.
3. Сергеев О. С., Ус С. А. Дослідження двох підходів до розв'язання двоетапної задачі розміщення-активації. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Математика і інформатика*. 2024. Т. 45, № 2. С. 249–258. URL: [https://doi.org/10.24144/2616-7700.2024.45\(2\).249-258](https://doi.org/10.24144/2616-7700.2024.45(2).249-258).

APPLICATION OF A GENETIC ALGORITHM TO SOLVE THE LOCATION- ACTIVATION PROBLEM

Oleksii Serhieiev

Abstract. *The work considers the use of a genetic algorithm to solve the problem of placing and activating logistic network objects. The urgency of the problem in medical logistics, especially in crisis situations, is emphasized. The author formulates a practical statement of the problem and develops a corresponding mathematical model. According to the mathematical formulation, the problem is a combined optimization problem, where there is a continuous optimization problem for the location of the distributional centers (DC) and a discrete optimization problem for the activation of the subregional centers (SRC). To solve the problem, we use a genetic algorithm with priority coding of chromosomes, which uses a weighted crossover. The chromosomes are selected by the roulette method, and the mutation operation is implemented as a mixed adaptive procedure with two possible variants of changes: swap or insertion. The results of the work can be applied to improve logistic processes in the field of medical logistics at the regional level.*

Keywords: *discrete optimization, continuous optimization, genetic algorithm, logistics, transportation*

REFERENCE

1. Gen M., Lin L. Genetic algorithms and their applications. *Springer handbook of engineering statistics*. 2012. P. 635–674. URL: https://doi.org/10.1007/978-1-4471-7503-2_33.

2. Two-stage problems of optimal location and distribution of the humanitarian logistics system's structural subdivisions / L. S. Koriashkina et al. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. 2024. No. 1. P. 130–139. URL: <https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-1/130>.
3. Serhieiev O. S., Us S. A. Doslidzhennia dvokh pidkhodiv do rozviazannia dvoetapnoi zadachi rozmishchennia-aktyvatsii [in Ukrainian]. Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriia: Matematyka i informatyka. 2024. T. 45, № 2. S. 249–258. URL: [https://doi.org/10.24144/2616-7700.2024.45\(2\).249-258](https://doi.org/10.24144/2616-7700.2024.45(2).249-258).