

*А. В. Шишацький д.т.н., В.О. Бушура., О.В. Павлюк.
(Національний авіаційний університет, Україна)*

Розробка методу оцінки стану інформаційних систем з використанням популяційного алгоритму

Оптимізація є складним процесом визначення множини рішень для різноманітних функцій. Багато калькуляційних завдань сьогодення належать саме до завдань оптимізації [1–4]. При вирішенні завдань оптимізації змінні рішення визначаються таким чином, щоб складні динамічні об'єкти працювали в своїй найкращій по визначеному критерію оптимізації точці (режимі).

Одним із різновидів алгоритмів стохастичної оптимізації складних динамічних об'єктів є алгоритми ройового інтелекту (ройові алгоритми). Алгоритми ройового інтелекту базуються на русі рою і імітують взаємодію рою та його оточення, щоб покращити знання про навколишнє середовище, наприклад нові джерела їжі. Найвідомішими ройовими алгоритмами є алгоритм оптимізації ройв частинок, алгоритм штучної бджолоїної колонії, алгоритм оптимізації мурашиної колонії, алгоритм оптимізації зграї вовків, а також алгоритм зграї горобців.

Але більшість згаданих вище базових метаевристичних алгоритмів не в змозі збалансувати дослідження та використання, що призводить до незадовільної продуктивності для реальних складних завдань оптимізації.

Цей спонукає до впровадження різноманітних стратегій для покращення швидкості збіжності та точності основних метаевристичних алгоритмів. Один з варіантів підвищення оперативності прийняття рішень за допомогою метаевристичних алгоритмів їх комбінування, тобто додавання базових процедур одного алгоритму в інший.

Метод оцінки стану інформаційних систем з використанням популяційного алгоритму складається з наступної послідовності дій:

Дія 1. Введення вихідних даних.

Дія 2. Початкове виставлення агентів на площині пошуку. Алгоритм оптимізації змій (АОЗ) ініціалізується шляхом генерації випадкової популяції відповідно до рівняння (1). Потім популяція агентів змій (АЗ) ділиться навпіл на дві групи, чоловічої та жіночої статі (2):

$$x_{i,j} = Lb_j + r * (Ub_j - Lb_j), \quad i = 1, 2, \dots, N \quad j = 1, 2, \dots, m, \quad (1)$$

$$N_{female} \cong \frac{N}{2}, \quad N_{male} = N - N_{female}, \quad (2)$$

де x_{ij} – j -а розмірність i -го АЗ, m – кількість вимірів, N – розмір популяції АЗ, r – ступінь невизначеності інформації про стан об'єкту, а Ub і Lb – верхня та нижня межі j -ого розміру відповідно. N_{female} – кількість самок АЗ у популяції, а N_{male} – кількість самців АЗ у популяції.

Дія 3. Нумерація АЗ в популяції, $i, i \in [0, S]$. На даному етапі кожному АЗ популяції присвоюється порядковий номер.

Дія 4. Визначення початкової швидкості АЗ популяції.

Початкова швидкість v_0 кожного АЗ популяції визначається наступним виразом:

$$v_i = (v_1, v_2 \dots v_s), v_i = v_0. \quad (3)$$

Дія 5. Попереднє оцінювання ділянки пошуку АЗ. В даній процедурі ділянка пошуку на природній мові визначається саме ореолом існування АЗ. Враховуючи, що джерела їжі АЗ різноманітні, проведемо сортування якості їжі.

Дія 6. Класифікація джерел їжі для АЗ.

Привабливість їжі суттєво залежить від температурних показників (T) оточуючого середовища і якість їжі розраховуються відповідно до рівнянь (4), (5):

$$T = \exp\left(\frac{-t}{t_{max}}\right), \quad (4)$$

$$FQ = c_1 \exp\left(\frac{t - t_{max}}{t_{max}}\right), \quad (5)$$

де t – номер поточної ітерації, а t_{max} – загальна кількість ітерацій, c_1 – коефіцієнт привабливості їжі для кожного діапазону температур.

В даному алгоритмі АЗ обирають місце для пошуку їжі, відповідно до c_1 , потім АЗ оновлюють позицію. Дослідницька поведінка самців і самок АЗ виражена математично в рівняннях (6), (7) відповідно.

$$x_{i,j}(t+1) = x_{k,j}(t) \mp c_2 \times A_{i,male} ((Ub - Lb) r_1 + Lb), \quad (6)$$

$$A_{i,male} = \exp\left(\frac{-F_{r,male}}{F_{i,male}}\right),$$

де

$$x_{i,j}(t+1) = x_{k,j}(t+1) \mp c_2 \times A_{i,female} ((Ub - Lb) r_1 + r_2 + Lb), \quad (7)$$

$$A_{i,female} = \exp\left(\frac{-F_{r,female}}{F_{i,female}}\right),$$

де

де k – випадкове ціле число в діапазоні $\left(1, \frac{N}{2}\right)$, $x_{k,j}$ – випадкове значення кількості самців/самок в популяції АЗ, а r_1 та r_2 – випадкові числа в діапазоні (0, 1). $A_{i,female}$ та $A_{i,male}$ – здатність самців і самок АЗ знаходити їжу, $F_{r,male}$ – придатність попередньо обраної випадкової АЗ-самця, $F_{r,female}$ – придатність попередньо обраної випадкової самки АЗ. $F_{i,male}$ та $F_{i,female}$ – i -тий показник самця та самки АЗ відповідно. Оператор напрямку (\pm) сканує всі можливі напрямки випадковим чином у заданому просторі пошуку.

Дія 7. Перевірка виконання умови. Якщо $FQ > T$ – перехід до режиму експлуатації. Якщо $FQ < T$ – повернення до режиму розвідки (дія 6).

Дія 8. Режим експлуатації.

Дія 8.1 Перевірка виконання умови.

Якщо $T > 0,6$ (жарко), АЗ рухатимуться до їжі відповідно до рівняння (8).

$$x_{i,j}(t+1) = x_f \mp c_3 \times T \times r_3 (x_f - x_{i,j}(t)), \quad (8)$$

де $x_{i,j}$ – розташування самців і самок АЗ, x_f – найкращі АЗ, c_3 – константою, що дорівнює 2, а r_3 – випадкове число у діапазоні (0, 1).

Дія 8.2 Перевірка виконання умови.

Якщо $FQ < T$ ($T < 0,6$) (холодно), АЗ борються або спаровуються.

Дія 8.3 Боротьба АЗ.

Бойові здібності самця АЗ F_{male} і самки АЗ F_{female} можна записати у рівняннях (9) і (10).

$$x_{i,j}(t+1) = x_{i,j}(t) \pm c_4 \times F_{i,male} r_4 \times (x_{best,female} - x_{i,male}(t)),$$

$$F_{i,male} = \exp\left(\frac{-F_{best,f}}{F_i}\right), \quad (9)$$

$$x_{i,j}(t+1) = x_{i,j}(t) \pm c_4 F_{i,female} r_5 (x_{best,male} - x_{i,female}(t+1)),$$

$$F_{i,female} = \exp\left(\frac{-F_{best,male}}{F_i}\right), \quad (10)$$

де $x_{i,j}$ – розташування самців і самок АЗ, $x_{best,female}$ та $x_{best,male}$ – позиції найкращих АЗ у жіночих і чоловічих групах відповідно, $F_{i,male}$ – боротьба АЗ у самців, а $F_{i,female}$ – боротьба АЗ у самок. Крім того, c_4 – коефіцієнт насичення їжею АЗ, а r_4 та r_5 – випадкові числа в діапазоні (0, 1).

Дія 8.4 Перевірка виконання умови. Якщо $c_4 \leq c_{4необ}$ – перехід до дії 8.3, якщо $c_4 \geq c_{4необ}$ – перехід до дії 8.5 – спарювання.

Дія 8.5 Спарювання АЗ. Під час спарювання самець і самка АЗ оновлюють свої позиції, відповідно до рівнянь (10) та (11).

$$x_{i,male}(t+1) = x_{i,m}(t) \pm c_5 \times M_{i,male} r_6 \times (FQ x_{i,female} - x_{i,male}(t)),$$

$$M_{i,male} = \exp\left(\frac{-f_{i,female}}{f_{i,male}}\right), \quad (11)$$

$$x_{i,female}(t+1) = x_{i,f}(t) \pm c_5 \times M_{i,female} r_7 (FQ x_{i,male} - x_{i,female}(t+1)),$$

$$M_{i,female} = \exp\left(\frac{-f_{i,male}}{f_{i,female}}\right), \quad (12)$$

де $x_{i,m}$ та $x_{i,f}$ – положення i -тих самця та самки АЗ, а $M_{i,male}$ та $M_{i,female}$ – здатності спарювання самця і самки АЗ, c_5 – коефіцієнт народжуваності нового АЗ, а r_6 та r_7 – випадкові числа в діапазоні (0,1).

Дія 8.6 Перевірка виконання умови. Якщо $c_5 \leq c_{5необ}$ – перехід до дії 8.5, якщо $c_5 \geq c_{5необ}$ – перехід до дії 8.7 – заміна АЗ в популяції.

Дія 8.7 Заміна АЗ в популяції. В зазначеній дії відбувається заміна АЗ, які не задовольняють вимогам по народжуваності АЗ, відповідно до виразів (13), (14).

$$x_{w,male} = Lb + r_8 (Ub - Lb), \quad (13)$$

$$x_{w,female} = Lb + r_8 (Ub - Lb), \quad (14)$$

де $x_{w,male}$ – найгірший самець АЗ, в той час $x_{w,female}$ – найгірший АЗ самка, r_8 – це випадкове число в діапазоні (0,1).

Дія 9. Перевірка критерію зупинки. Алгоритм завершується, якщо виконано максимальну кількість ітерацій. В іншому випадку поведінка генерації нових місць і перевірки умов повторюється.

Дія 10. Навчання баз знань АЗ.

В зазначеному дослідженні для навчання баз знань кожного АЗ використовується розроблений у дослідженні [2] метод навчання на основі штучних нейронних мереж, що еволюціонують. Метод використовується для зміни характеру пересування кожного АЗ, для більш точних результатів аналізу в подальшому.

Дія 11. Визначення кількості необхідних обчислювальних ресурсів, інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень.

З метою недопущення зацикловання обчислювань на діях 1–10 даного методу, та підвищення оперативності обчислювань додатково визначається завантаженість системи. При перевищенні визначеного порогу обчислювальної складності визначається кількість програмно-апаратних ресурсів які необхідно додатково залучити,.

Список літератури

1. Mohammed, B. A., Zhuk, O., Vozniak, R., Borysov, I., Petrozhalko, V., Davydov, I., Borysov, O., Yefymenko, O., Protas, N., & Kashkevich, S. Improvement of the solution search method based on the cuckoo algorithm. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2023, Vol. 2, No. 4 (122), pp. 23–30. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.277608>.

2. Mamoori, G. A., Sova, O., Zhuk, O., Repilo, I., Melnyk, B., Sus, S., Bondarchuk, M., Kashkevich, S., Moroz, M., & Klyuchak, O. The development of solution search method using improved jumping frog algorithm. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2023, Vol. 4, No. 3 (124), pp. 45–53. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.285292>.

3. Shyshatskyi, A., Romanov, O., Shknai, O., Babenko, V., Koshlan, O., Pluhina, T., Biletska, A., Stasiuk, T., & Kashkevich, S. Development of a solution search method using the improved emperor penguin algorithm. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2023, Vol. 6, No. 4 (126), pp. 6–13. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.291008>.

4. Tamer, K. A., Sova, O., Shaposhnikova, O., Yashchenok, V., Stanovska, I., Shostak, S., Rudenko, O., Petruk, S., Matsyi, O., & Kashkevich, S. Development of a solution search method using a combined bio-inspired algorithm. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2024, Vol. 1,

No. 4 (127), pp. 6–13. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.298205>.