

## Алгоритм кажанів

Алгоритм кажанів ґрунтується на їх унікальних ехолокаційних можливостях. Більшість видів кажанів володіють досконалими засобами ехолокації, які використовуються ними для виявлення здобичі і перешкод. Для цього під час польоту вони випускають частотно-модульовані звукові сигнали і вловлюють відлуння, відбите від навколишніх об'єктів і предметів. У різних родинях кажанів параметри звукових імпульсів розрізняються, визначаючи тим самим стратегії їх полювання і поведінки [16].

Алгоритм кажанів - це алгоритм оптимізації, розроблений Янгом (X.-Sh. Yang) в 2010 році. Одним з основних переваг алгоритму є швидкість його виконання.

Цей алгоритм потенційно більш потужний, ніж алгоритм рою частинок і генетичний алгоритм, а так само гармонійний пошук. Більш того, гармонійний пошук і алгоритм рою частинок є особливими випадками алгоритму кажанів при відповідних спрощення.

Алгоритм може здатися трохи складніше, ніж більшість інших алгоритмів ройового інтелекту, а також еволюційних алгоритмів, проте він може бути досить ефективно застосований до проблем оптимізації і давати хороші результати, витрачаючи меншу кількість часу.

Більшість видів кажанів має набутої засобами ехолокації, які використовуються ними для виявлення видобутку і перешкод, а також для забезпечення можливості розміститися в темряві на сідалі.

Алгоритм кажанів підпорядковується наступним правилам:

- Всі кажани використовують ехолокацію, щоб аналізувати відстань, а також мати відмінність між їжею (здобиччю) і природними перешкодами;
- Кажани переміщаються випадковим чином зі швидкістю  $V_i$  в позиції  $x_i$  з фіксованою частотою  $f_{min}$ , змінною довжиною хвилі  $\lambda$  і гучністю  $A_0$ , щоб знайти здобич. Вони можуть автоматично регулювати довжину хвилі (або частоту, тому що частота =  $1 / \text{довжина хвилі}$ ) випускається імпульсу і швидкість імпульсу  $r \in [0,1]$ , що залежать від близькості мети.

— Гучність змінюється від більшого (позитивного)  $A_0$  до меншого постійному значенню  $a_{min}$ .

У 2012 р. розробили бінарний алгоритм кажанів (Binary Bat Algorithm) для вирішення завдань комбінаторної оптимізації.

Багато модифікацій алгоритму кажанів отримують шляхом гібридизації як з різними популяційними алгоритмами, так і з абсолютно іншими методами. Серед таких алгоритмів, наприклад: гібридний алгоритм кажанів (Hybrid Bat Algorithm), який отриманий в 2013 р. у результаті гібридизації з алгоритмом диференціальної еволюції. Комбінований алгоритм кажанів і гармонійного пошуку, запропонували G. Wang і L. Guo і т. д.

Робота алгоритму полягає в наступній моделі поведінки кажанів:

1. Всі кажани використовують ехолокацію, щоб визначати відстань, а також розрізняти їжу (здобич) і перешкоди;
2. Кажани переміщуються випадковим чином зі швидкістю  $v_i$  в позицію  $x_i$  з частотою  $f_i$ , змінною довжиною хвилі і гучністю  $A_i$  для пошуку їжі. Вони можуть автоматично регулювати довжину хвилі (або частоту) імпульсу, який випускають і регулювати його швидкість  $r \in [0,1]$  в залежності від близькості їх цілі;
3. Гучність змінюється від великого (позитивного)  $A_0$  до мінімального постійного значення  $A_{min}$ .

Положення всіх кажанів в початковий момент задаються випадковим чином. Подальше переміщення кожної з них відбувається за такої міграційної процедури:

$$f_i = f_{min} + (f_{max} - f_{min}) * \beta, \quad (1.8)$$

$$v_i^{(t+1)} = v_i^{(t)} + (x_i^{(t)} - \bar{x}) * f_i, \quad (1.9)$$

$$x_i^{(t+1)} = x_i^{(t)} + v_i^{(t+1)}, \quad (1.10)$$

де  $f_i \in [f_{min}; f_{max}]$  – значення частоти;

$\beta \in [0; 1]$  – випадкове значення;

$\bar{x}$  – глобальний оптимум;

$v_i^{(t)}$  – швидкість  $i$ -го кажана на часовому кроці  $t$ .

Для визначення нових положень кажанів, кожний з них здійснює локальний пошук в околиці свого поточного положення шляхом випадкового блукання:

$$x_{new} = x^* + \varepsilon \overline{A}^t, \quad (1.11)$$

де  $\overline{A}^t$  – середнє значення гучності всіх кажанів на часовому кроці;

$\varepsilon \in [-1; 1]$  – випадково згенероване число.

Еволюція параметрів, що характеризують звукові сигнали, які випускаються, здійснюється за формулами:

$$A_i^{t+1} = \alpha A_i^t, \quad (1.12)$$

$$r_i^{t+1} = r_i^0 (1 - e^{-\gamma t}), \quad (1.13)$$

де  $\alpha$  і  $\gamma$  – обмеження (рекомендовані 0,9);

$r_i^0$  – початкове значення швидкості імпульсу  $i$ -го кажана.

Згідно формул (1.12)-(1.13), зі збільшенням числа ітерацій гучність звукових сигналів, що випускається, буде зменшуватись, а їх інтенсивність збільшуватися, моделюючи цим наближення кажана до мети:

$$A_i^{(t)} \rightarrow 0, r_i^{(t)} \rightarrow r_i^{(0)} \text{ при } t \rightarrow \infty. \quad (1.14)$$

Даний алгоритм чудово працює для задач мінімізації як унімодальних, так і мультимодальних функцій. Однак, на сьогоднішній день відомі більш ефективні алгоритми, що використовують принцип ройового інтелекту, проте алгоритм кажанів і його модифікації є досить конкурентноспроможним для вирішення оптимізаційних задач і передбачають подальший розвиток.