

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ГЕНЕТИЧНОГО АЛГОРИТМУ

к.т.н. О.С. Турковський, к.т.н. О.В. Карпенко, С.І. Сімонов  
(подав д.т.н., проф. О.В. Полярус)

Розглядаються питання підвищення ефективності роботи класичного генетичного алгоритму на основі результатів проведених досліджень при пошуку глобальних екстремумів цільових функцій заданого виду.

В даний час велике поширення одержали методи стохастичного пошуку, засновані на еволюційних обчисленнях. Типовим представником таких методів є генетичний алгоритм (ГА). Далі в статті будуть застосовуватися специфічні терміни, що використовуються при описі роботи ГА. Пояснимо значення зміст деякі з них.

**Ген.** Під геном будемо розуміти аргумент цільової функції (ЦФ). У загальному випадку, для  $N$  – мірних функцій кількість генів ГА дорівнює  $N$ .

**Хромосома (особа).** Під хромосомою будемо розуміти – безліч (сукупність) значень генів. Хромосома визначає точку в  $N$  – мірному просторі.

**Якість особи** - характеризується значенням ЦФ, що доставляється відповідною особою.

**Популяція** - сукупність осіб. Популяція у загальному випадку визначає безліч точок у  $N$  - мірному просторі, на якому відбувається пошук екстремуму ЦФ. Чим більше розмір популяції, тим більше область пошуку екстремуму функції.

**Подружній фонд** - частина популяції, відібрана відповідно до заданого критерію для створення нових осіб наступної популяції.

**Покоління** – нова популяція, що отримана з попередньої популяції в результаті проведення над нею ряду перетворень за допомогою генетичних операторів.

До характеристик ГА відносяться наступні [1]:

- **розмір популяції** - величина, що визначає кількість осіб у популяції.
- **варіант реалізації оператора схрещування** - заданий спосіб одержання нових осіб наступної популяції на основі осіб подружного фонду й **імовірність його застосування**.
- **варіант реалізації оператора мутації** – заданий спосіб одержання осіб на основі всіх осіб поточної популяції для додаткового розширення простору пошуку ГА й **імовірність його застосування**.

- **варіант реалізації оператора добору** - заданий спосіб попередньої вибірки осіб у подружній фонд.
- **варіант реалізації оператора редукції** – спосіб знищення осіб з низькою якістю зі знову створеної популяції.
- **критерій зупинки** - сукупність правил, використовувана для визначення моменту часу при досягненні якого відбувається зупинка роботи алгоритму.

Під **генетичними операторами** будемо розуміти оператори схрещування, мутації, добору і редукції.

Сутність роботи ГА полягає в послідовному поліпшенні якості осіб вихідної популяції за допомогою генетичних операторів. У ході виконання ГА аналізується одночасно кілька точок з області визначення ЦФ і забезпечується можливість розширення області пошуку екстремуму при виконанні чергового кроку роботи алгоритму. Загальна ідеологія роботи алгоритму зводиться до циклічного виконання наступних етапів.

1. Формування вихідної популяції.
2. Завдання об'єму подружнього фонду.
3. Виконання оператора добору осіб і формування подружнього фонду.
4. Виконання оператора схрещування. На цьому етапі на основі поточної популяції створюються нові особи, що утворюються шляхом обміну значеннями генів різних осіб зі складу подружнього фонду за правилами, що задає оператор схрещування.
5. Виконання оператора мутації над знову створеними особами для розширення простору пошуку, у ході якого виробляється зміна значення одного чи декількох генів у хромосомах поточної популяції.
6. Розширення популяції. Створені на попередньому етапі нові особи включаються до складу поточної популяції.
7. Виконання оператора редукції. З отриманої сукупності хромосом виключаються ті, котрі мають найменшу якість. Процес виключення осіб триває доти, поки розмір розширеної популяції не буде дорівнювати розміру вихідної популяції.
8. Перевірка критерію зупинки алгоритму. У випадку, якщо критерій досягнуто, відбувається зупинка алгоритму, інакше відбувається повторне виконання кроків алгоритму з 3-го по 8-й.

Незважаючи на можливість широкого застосування цього методу для рішення практичних задач, існує ряд проблем, пов'язаних з вибором визначених параметрів ГА [2], а саме: розміру вихідної популяції, обсягу подружнього фонду, способу формування початкової популяції, варіантів реалізації генетичних операторів, критерію зупинки алгоритму.

Для проведення досліджень оцінки впливу об'єму подружнього фонду і варіанта реалізації оператора мутації на збіжність ГА була розроблена програмна реалізація класичного ГА[1,2]. При розробці програми були прийняті наступні допущення: розмір популяції фіксований, кількість осіб у популяції задається з діапазону значень від 2 до 800, число генів у хромосомі фіксова-

не і вибирається з діапазону від 2 до 20, діапазони зміни генів не перевищують розмірність області визначення цільової функції (ЦФ), розмір подружнього фонду повинний бути не менш двох осіб і не перевищувати розміру вихідної популяції, значення генів у межах заданих інтервалів зміни вибираються по рівномірному закону чи можуть бути константами.

Дослідження проводилися для двох типів функцій, описуваних виразами:

$$F_1(x, y) = 8 \cdot f_1(x, y) + 8 \cdot f_2(x, y) + 10 \cdot f_3(x, y); \quad (1)$$

$$F_2(x, y) = 5 \cdot f_4(x, y) + 6 \cdot f_5(x, y) + 10 \cdot f_6(x, y), \quad (2)$$

$$\text{де } f_i(x, y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi \cdot G1 \cdot G2}} \cdot \exp \left[ - \left[ \frac{(x-a+z_{1i})^2}{2 \cdot (G1-z_{3i})^2} + \frac{(y-b+z_{2i})^2}{2 \cdot (G2-z_{4i})^2} \right] \right], \quad i=1 \dots 6. \quad (3)$$

Значення перемінних у виразі (3) наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Значення перемінних величин

i	1	2	3	4	5	6
$z_{1i}$	15	-20	-5	15	-20	-5
$z_{2i}$	15	-15	0	15	-15	0
$z_{3i}$	8	20	15	1.5	15	1.5
$z_{4i}$	8	10	8	2.5	10	2.5

Значення констант дорівнюють відповідно:  $a=20$ ,  $b=20$ ,  $G1=2$ ,  $G2=3$ . Графіки функцій (1,2) представлені на рис.1,2 відповідно.

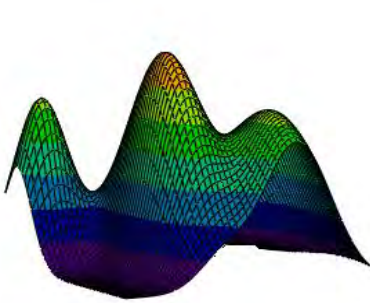


Рис.1. Вид ЦФ  $F_1(x, y)$

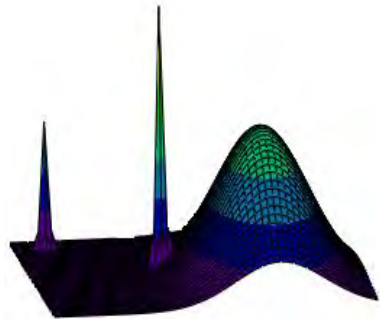


Рис.2. Вид ЦФ  $F_2(x, y)$

При проведенні досліджень використовувалися наступні вихідні дані: створення вихідної популяції відбувається по рівномірному закону для всіх типів досліджуваних функцій; імовірності спрацьовування операторів редуції, схрещування і мутації близькі до одиниці; число експериментів проведених для кожного типу функції – 20; кількість кроків (ітерацій) алгоритму для кожного експерименту дорівнює 50; число генів - 2, зна-

чення генів змінюються в діапазоні від 0 до 50 і приймають цілі значення; розмір вихідної популяції – 100.

Перша серія експериментів проводилася для функції (1), зображеної на рис.1. При цьому досліджувався вплив об'єму подружнього фонду на результуючу збіжність ГА. Збіжність оцінювалася середньою частотою перебування глобального екстремуму за **M**-експериментів при об'ємі подружнього фонду, що складає 10, 30, 50, 70, 80, 100% від розміру вихідної популяції.

У результаті експериментів було встановлене наступне. При об'ємі подружнього фонду, що складає 10% від вихідного розміру популяції, глобальний максимум або відшукується за 1-8 кроків роботи програми, або не визначається зовсім. Збіжність алгоритму оцінюється величиною 0.1.

При збільшенні об'єму подружнього фонду від 30 до 50% відбувається “насичення” у роботі ГА, тому що значного приросту середньої частоти перебування екстремуму ЦФ і зменшення середнього часу пошуку рішення не відбувається. Можна зробити висновок, що при рішенні задач великої розмірності пошук глобального максимуму ЦФ вимагає значного часу. Для скорочення часу пошуку при даних об'ємах подружнього фонду необхідно в ГА реалізувати концепцію елітності з не менш однією елітною особою (особа, що переходить з популяції в популяцію без зміни значень генів), або використовувати концепцію острівів, або збільшувати кількість процесорів комп'ютера [1,2].

При об'ємі подружнього фонду, що складає 70% від вихідної популяції, у роботі ГА відзначається значний приріст середньої частоти перебування екстремуму ЦФ і зниження середнього часу пошуку рішення. При цьому точність визначення глобального максимуму зростає до 90%, а середній час пошуку рішення приблизно дорівнює часу при проведенні експериментів для об'єму подружнього фонду – 30%, але залишається усе ще значним.

При подальшому збільшенні об'єму подружнього фонду (до 100%) середня частота перебування екстремуму ЦФ значно зростає, (глобальний максимум був визначений у всіх серіях експериментів), а середній час пошуку рішення різко (приблизно в 1,5-2 рази) скорочується в порівнянні із середніми часами пошуку рішення для інших об'ємів подружнього фонду (табл.2).

У ході досліджень було встановлено, що процес визначення глобального максимуму протікає досить динамічно (табл.2). Це обумовлено тим, що при значеннях об'єму подружнього фонду 70, 80, 100% і заданому варіанті реалізації оператора мутації у визначених циклах відбувається одночасне відновлення і мутація (зміна) більш половини осіб поточної популяції, що і приводить до різкого поліпшення якості результуючої популяції в цілому. Крім того, було встановлено, що існує граничне значення числа циклів пошуку, після якого істотного поліпшення рішення не відбувається (табл.2).

Для функції (2), зображеної на рис.2, досліджувався вплив оператора мутації й об'єм подружнього фонду на збіжність ГА.

При дослідженні впливу об'єму подружнього фонду виявилось, що

при тих же вихідних даних збіжність ГА виявилася набагато нижче, ніж у попередньому випадку. При цьому середня частота перебування екстремуму ЦФ знаходилася в межах від 0.1 до 0.55.

Таблиця 2

Значення числа циклів пошуку

Об'єм подружнього фонду, %	10	30	50	70	80,100
Середня кількість циклів виконання програми до перебування екстремуму ЦФ	16-21	9-11	14	7	9-10

При дослідженні впливу оператора мутації на збіжність ГА розглядався наступний варіант його реалізації: процес мутації хромосоми складається в зміні значень усіх, вхідних у неї генів; нове значення гена хромосоми утворюється шляхом вирахування одиниці з поточного значення гена; мутирують лише хромосоми, що доставляють рівні значення ЦФ; для генів, значення яких виходять за діапазон припустимих значень, виробляється перерахування їхньої величини. Перелічене значення вибирається за рівномірним законом з діапазону, що визначається довжиною інтервалу припустимих значень відповідного гена.

Аналіз результатів експериментів показав, що істотна зміна значень ЦФ відбувається періодично у визначених групах ітерацій. Варіюючи параметрами оператора мутації, наприклад, зменшуючи значення генів на величину, відмінну від 1, буде змінюватися як середній час пошуку рішення, так і середня частота перебування екстремуму ЦФ. Крім того, буде змінюватися і співвідношення між областями нечутливості алгоритму.

Таким чином, результати досліджень дозволяють зробити наступні висновки про те, що підвищення ефективності роботи ГА може бути досягнуте за рахунок: збільшення об'єму подружнього фонду від 70 до 100% від розміру вихідної популяції, варіювання параметрами оператора мутації при зменшенні внесеної в нього випадковості, використання концепції елітності з числом елітних осіб більш ніж одна.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. – М.: Горячая линия - Телеком, 2001. – 384 с.
2. J.Michael Johnson, Yahya Rahmat-Samii // IEEE Antennas and Propagation Magazine. – 1997. – Vol. 39, No.4. – P. 7 - 19.

*Надійшла до редколегії 15.10.2001*