

## ОПТИМИЗАЦИЯ МНОГОЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ С ПОМОЩЬЮ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА С МОДИФИЦИРОВАННЫМ ОПЕРАТОРОМ МУТАЦИИ

Н.С. Бакуменко

(представил д.т.н., проф. А.Ю. Соколов)

*В статье представлена модификация оператора мутации генетического алгоритма, реализующая изменение направления оптимизируемого вектора вдоль одной из координатных осей, как в классической схеме, а в произвольном направлении. Приведены результаты тестов алгоритма, демонстрирующие высокую эффективность предложенной схемы оператора мутации в терминах ускорения сходимости генетического алгоритма к оптимуму.*

**Введение.** Генетический алгоритм (ГА) представляет собой поисковый метод, основанный на механизмах естественного отбора и наследования. В генетических алгоритмах реализованы механизмы скрещивания, репродукции и мутации, аналогичные применяемым при естественной эволюции [1, 2]. Множество допустимых решений представляется в виде конечной популяции особей. Каждая особь представлена в виде набора некоторого числа генов, называемого хромосомой. Так же как и в природе, ГА осуществляют поиск решений, закодированных хромосомами, без использования какой-либо информации о характере решаемой задачи, основываясь только на мере приспособленности этой особи (значении функции приспособленности).

Оператор мутации генетического алгоритма реализует аналог биологического процесса мутации. При этом с некоторой заданной вероятностью у мутирующей особи изменяется ген, находящийся в случайно выбранной позиции [3]. Данная схема мутации производит изменения только в одной переменной, по которой проводится оптимизация, что соответствует движению вдоль одной из координатных осей. Однако для функций со сложным рельефом движение вдоль произвольного направления может ускорить процесс нахождения оптимума. Таким образом, целью данной работы является модификация оператора мутации так, чтобы особь, представленная хромосомой после мутации претерпевала изменения во всех своих компонентах, а также исследование эффективности процесса нахождения оптимума с помощью генетического алгоритма с модифицированным оператором мутации.

**1. Модификация оператора мутации.** При реализации базового генетического алгоритма каждая переменная, по которой проводится оптимизация, кодируется определенным фрагментом хромосомы, состоящей из фиксированного числа генов (рис. 1).

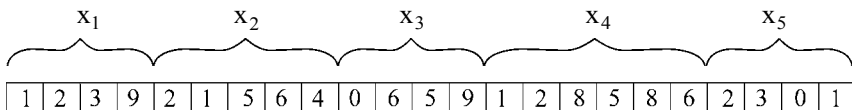


Рис. 1. Размещение переменных в хромосоме, закодированной действительными числами

Обычно при реализации оператора мутации случайным образом выбирается некоторая позиция в хромосоме. В случае двоичного кодирования хромосомы, бит в этой позиции изменяется на противоположный. Для хромосомы, закодированной действительными числами, элемент меняется на случайно выбранный (рис. 2).

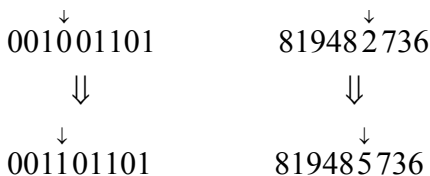


Рис. 2. Реализация оператора мутации для двоичной хромосомы и для хромосомы, закодированной действительными числами

В данной работе предлагается модифицировать оператор мутации так, чтобы особь, представленная вектором  $\bar{x}$  после мутации претерпела изменения во всех своих компонентах. Для этого предлагается выбрать вектор направлений  $\vec{d}$ , компоненты которого выбираются случайным образом. После нормализации этот вектор прибавляется к вектору, который подвергается мутации:

$$\bar{x}^{\text{mut}} = \bar{x} + \frac{\vec{d}}{\|\vec{d}\|}. \quad (1)$$

Таким образом, решение, соответствующее особи, подвергнутой мутации, будет соответствовать поиску оптимума в произвольном направлении, а не в направлении, параллельном координатным осям, как в классической схеме мутации.

**2. Экспериментальные результаты.** Для тестирования предложенного оператора мутации была рассмотрена задача нахождения минимума функции Швевеля [4], которая представляет собой многоэкстремальную функцию двух аргументов

$$f(x, y) = -x \cdot \sin(\sqrt{|x|}) - y \cdot \sin(\sqrt{|y|}), \quad x, y \in [-500, 500].$$

График поверхности функции  $f(x, y)$  изображен на рис. 3.

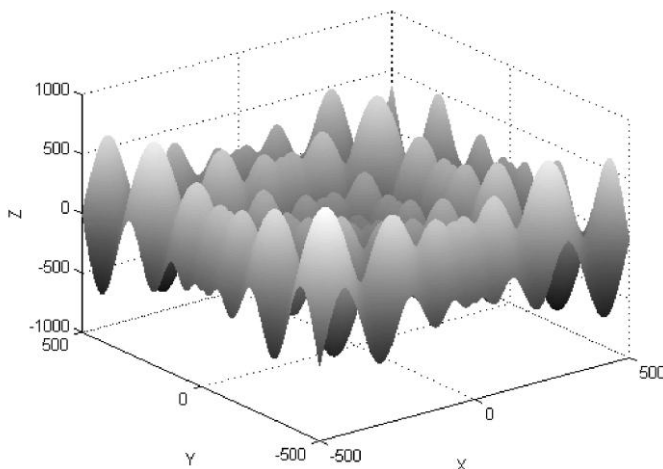


Рис. 3. График поверхности тестовой функции

Глобальный минимум функции, представленной на рис. 3, достигается в точке  $x_{\text{opt}} = (420,9687; 420,9687)$ ,  $f(x_{\text{opt}}) = -873,9658$ . Для сравнения скорости сходимости был реализован генетический алгоритм со следующими параметрами:

- реальное кодирование;
- 20 особей в популяции;
- селекция с помощью колеса рулетки и элитизма;
- односточечный кроссовер;
- вероятность мутации – 0,01;
- вероятность кроссовера – 0,9;
- критерий окончания – максимальное число поколений.

Были проведены два оптимизационных цикла: один по традиционной схеме мутации, второй с модифицированным оператором мутации. Графики зависимостей значения функции от номера поколения приведены на рис. 4, а, б.

Из приведенных на рис. 4 графиков видно, что генетический алгоритм с модифицированным оператором мутации (рис. 4, б) находит оптимум уже на 500-м поколении, в то время как ГА по традиционной схеме для этого требуется 4500 поколений (рис. 4, а).

**Выводы по результатам и направления дальнейших исследований.** В работе предложена новая схема оператора мутации, реализующая изме-

нение направления оптимизируемого вектора не вдоль одной из координатных осей, как в классической схеме, а в произвольном направлении.

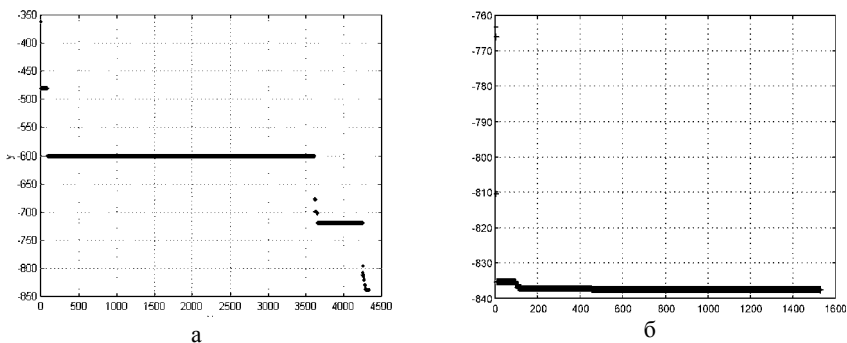


Рис. 4. Зависимость значений функции  $f(x, y)$  от номера поколения для традиционного (а) и модифицированного (б) оператора мутации

Проведенные эксперименты показывают высокую эффективность предложенной модификации оператора мутации в терминах ускорения сходимости генетического алгоритма к оптимуму. Дальнейшие исследования будут посвящены изучению описанного оператора мутации для двоичного кодирования хромосом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *J.H. Holland, Adaptation in Natural and Artificial Systems. University of Michigan Press, Ann Arbor, 1975. – 166 p.*
2. *D. Goldberg, Genetic Algorithms in search, Optimization and Machine Learning. Addison-Wesley, 1989. – 422 p.*
3. *Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 452 с.*
4. *Генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и проблемы виртуальной реальности / Г.К. Вороновский, К.В. Махотило, С.Н. Петрашев, С.А. Сергеев. – Х.: Основа, 1997. – 112 с.*

Поступила 6.09.2004

**БАКУМЕНКО** *Нина Станиславовна*, ассистент кафедры информатики Национального аэрокосмического университета им. Н.Е.Жуковского "ХАИ". В 1996 году окончила Харьковский национальный университет. Области научных интересов – методы искусственного интеллекта, нечеткая логика, эволюционные методы поиска.