

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ОПЕРАТОРОВ ВЫБОРА РОДИТЕЛЬСКОЙ ПАРЫ В ГЕНЕТИЧЕСКОМ АЛГОРИТМЕ С ДИСКРЕТНОЙ РЕКОМБИНАЦИЕЙ

Хлопцев А.А.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Сиротко С.И. – канд. физ.-мат. наук, доцент, доцент кафедры информатики

Аннотация. Реализованы генетические алгоритмы с дискретной рекомбинацией с различными операторами выбора родительской пары. Сделаны измерения точности работы полученных алгоритмов на тестовом примере с различной точностью. Сделаны выводы по эффективности использования представленных операторов вывода и их применению на практических задачах.

Ключевые слова: генетический алгоритм, оператор выбора, панмиксия, инбридинг, аутбридинг

Введение. Генетический алгоритм (ГА) – это эвристический алгоритм поиска, используемый для решения задач оптимизации и моделирования путём случайного подбора, комбинирования и вариации искомых параметров с использованием механизмов, аналогичных естественному отбору в природе. Является разновидностью эволюционных вычислений, с помощью которых решаются оптимизационные задачи с использованием методов естественной эволюции, таких как наследование, мутации и отбор. Отличительной особенностью генетического алгоритма является акцент на использование оператора «скрещивания», который производит операцию рекомбинации решений-кандидатов, роль которой аналогична роли скрещивания в живой природе [1].

Поскольку алгоритм самообучающийся, то спектр применения крайне широк:

- задачи на графы;
- задачи компоновки;
- составление расписаний;
- создание «Искусственного интеллекта» [2].

Также генетический алгоритм может использоваться как один из вариантов поиска оптимальных настроек, которые могут помочь или будут приняты во внимание при проектировании различных информационных и компьютерных систем. Если задачу можно свести к набору параметров, каждый из которых может меняться в заданных диапазонах, и функции минимизации (максимизации) какого-либо критерия, зависящего от этих параметров (потребление энергии, выделение тепла, скорость вычислений и т.д.), то для такой задачи оптимальный ответ может быть найден с помощью генетического алгоритма.

Основная часть. Для получения оптимального ответа на задачу необходимо, чтобы её решение могло быть закодировано в виде вектора генов, где каждый ген может быть числом или другим объектом. Некоторым, обычно случайным, образом создаётся начальный набор генов. Он оценивается с использованием «функции приспособленности» (функция минимизации/максимизации необходимого критерия), в результате чего с каждым набором ассоциируется определённое значение («приспособленность»), которое определяет, насколько хорошо данный набор решает поставленную задачу. Из полученного множества с учётом значения «приспособленности» выбираются наборы (обычно лучшие особи имеют большую вероятность быть выбранными), к которым применяются «скрещивание» и «мутация», результатом чего является получение новых наборов. Для них также вычисляется значение приспособленности, и затем производится отбор («селекция») лучших наборов в следующее поколение.

Эти действия повторяются многократно, так моделируется «эволюционный процесс»,

продолжающийся несколько жизненных циклов (поколений), пока не будет выполнен критерий остановки алгоритма.

Таким образом, можно выделить следующие этапы ГА (рисунок 1):

- задать целевую функцию (приспособленности) для особей популяции;
- создать начальную популяцию;
- начало эволюционного цикла:
 1. формирование нового поколения (селекция);
 2. размножение (скрещивание);
 3. мутация;
 4. вычислить значение целевой функции для всех особей;
 5. если выполняются условия остановки, то конец эволюционного цикла.

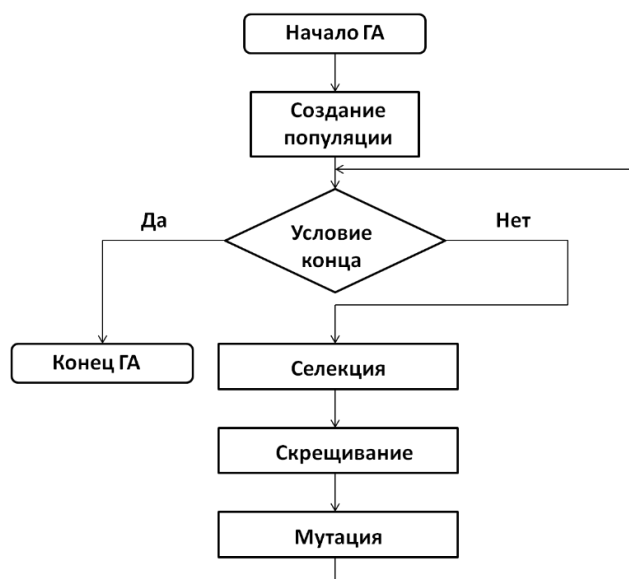


Рисунок 1 – Блок-схема стандартного генетического алгоритма

Генетический алгоритм с вещественным кодированием – такой вид ГА, у которого все гены состоят из вещественных хромосом. Т.к. количество значений, которые может принять ген бесконечно много, то на каждую хромосому накладывается следующая система ограничений (формула 1):

$$\begin{cases} value \geq min; \\ value \leq max; \\ value = min + i \cdot step, i \in \mathbb{Z} \end{cases}, \quad (1)$$

где max – верхнее значение, которое может принимать хромосома;

min – нижнее значение, которое может принимать хромосома;

$step$ – такое число, что значение хромосомы должно быть кратно ему [3].

Существует несколько подходов к выбору родительской пары, опишем наиболее популярные из них:

1. Панмиксия – каждому особи сопоставляется случайное число на отрезке $[1; n]$, где n – количество особей в популяции. После, случайным образом выбираются 2 числа на данном отрезке. Особи, чьи номера оказались выбраны и составляют пару родителей.

2. Инбридинг – метод, при котором первый родитель выбирается случайным образом, а второй является член популяции ближайший к первому. Особенность данного метода в том, что он концентрирует поиск в локальных узлах, что приводит к разбиению популяции на локальные группы вокруг кандидатов на экстремум участков ландшафта.

3. Аутбридинг – метод, при котором первый родитель выбирается случайным образом, а второй является член популяции максимально далёкий от первого. Данный метод предназначен для предупреждения сходимости алгоритма в каком-то локальном экстремуме, заставляя алгоритм исследовать новые, неисследованные области [4].

Для измерения расстояния между двумя особями в ГА применяются различные метрики:

1. Евклидово расстояние (формула 2);

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}. \quad (2)$$

2. L1 расстояние (Манхэттенское) (формула 3)

$$d(x, y) = \sum_{i=1}^n |x_i - y_i|. \quad (3)$$

3. Расстояние Чебышева (формула 4):

$$d(x, y) = \max_{i=1..n} |x_i - y_i|. \quad (4)$$

Для тестирования операторов выбора для данной работы, в ГА было реализовано Евклидово расстояние. Также для тестирования была выбрана задача (формула 5) со следующей системой ограничений (формула 6):

$$y(x) = 5 - 24x + 17x^2 - \frac{11}{3}x^3 + \frac{1}{4}x^4, \quad (5)$$

$$\begin{cases} y(x) \rightarrow \min; \\ 0 \leq x \leq 7; \\ x = i \cdot \text{step}, i \in \mathbb{Z} \end{cases}, \quad (6)$$

где *step* – погрешность оптимального решения.

Для сравнения эффективности были реализованы 3 версии ГА с различными операторами выбора. Количество генов в популяции 100, количество поколений 500. Также был реализован алгоритм полного перебора для проверки точности работы ГА. Результаты тестирования представлены в таблице 1:

Таблица 1 – Сравнение точности работы ГА с различными операторами выбора

Step x	Алгоритм полного перебора	ГА с панмиксией	ГА с инбридингом	ГА с аутбридингом
0.01	5,41666667	5,41666667	5,41666667	5,41666667
0.001	5,41666667	5,41606111	5,41605722	5,41539330
0.00001	5,41666667	5,41656274	5,40705477	5,41128129
0.000001	5,41666667	5,41666559	5,41628453	5,39445042
0.0000001	5,4166666667	5,41640445	5,41595248	5,41663834

Как видно из результатов в таблице 1 самый близкий результат показывает ГА с панмиксией. Однако это обусловлено небольшой областью поиска (всего 70.000.000 значений в последнем случае). При увеличении рельефа области поиска, увеличения количества неизвестных переменных ГА с инбридингом и ГА с аутбридингом также доказывают свою пригодность к использованию. Так ГА с инбридингом подходит для задач, где оптимальные

решения сконцентрированы в определённых точках области поиска (гладкий рельеф области поиска), а ГА с аутбридингом позволяет искать оптимальные решения на большей площади области поиска (рельеф с «шумами» и резкими перепадами).

Заключение. Было дано описание и представлен алгоритм стандартного генетического алгоритма. Также были описаны генетический алгоритм с вещественным кодированием и различные виды оператора выбора. Были продемонстрированы способы подсчёта расстояния между генами в ГА. Реализованы несколько вариантов генетического алгоритма с тремя различными операторами выбора родительской пары и сравнение полученных результатов с результатами алгоритма полного перебора. Данные алгоритмы были протестированы на специальной задаче с уменьшением погрешности оптимального ответа.

Список литературы

1. Алгоритмы эволюционной оптимизации / пер. с англ. А. В. Логунова. - М.: ДМК Пресс, 2020. - 940 с.
2. Алгоритмы. Руководство по разработке. – 2-е изд.: Пер. с англ. – СПб.: БХВ-Петербург, 2016. – 720 с.
3. Генетический алгоритм для оптимизации подбора параметров торговых ботов / Хлопцев А. А., Кузьма Ю. В. // Информационные технологии и системы 2020 (ИТС 2020) = Information Technologies and Systems 2020 (ITS 2020) : материалы международной научной конференции, Минск, 18 ноября 2020 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол. : Л. Ю. Шилин [и др.]. – Минск, 2020. – С. 88–89.
4. Генетические алгоритмы: учебно-методическое пособие / под ред. Ю. Ю. Тарасевича. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет» 2007. – 90 с.

UDC 621.3.049.77–048.24:519.1

COMPARISON OF THE EFFICIENCY OF VARIOUS SELECTION OPERATORS IN A GENETIC ALGORITHM WITH DISCRETE RECOMBINATION

Khloptsau A.A.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Sirotko S.I. – PhD, assistant professor, associate professor of the department of Informatics

Annotation. Genetic algorithms with discrete recombination with different selection operators were implemented. The accuracy of the obtained algorithms was measured on a test case with different accuracy. Conclusions are drawn on the efficiency of the presented inference operators and their application to practical problems.

Keywords. genetic algorithm, selection operator, panmixing, inbreeding, outbreeding