DOI: 10.17117/na.2016.01.01.508

<http://ucom.ru/doc/na.2016.01.01.508.pdf>

Поступила (Received): 10.01.2016

Софьин Е.А., Решетова В.С. Анализ работы алгоритмов роя частиц и пчелиного роя

Sofjin E.A., Reshetova V.S.
Analysis of particle swarm algorithm and bee algorithm

В данной статье проанализированы алгоритмы роя частиц и пчелиного роя, произведено сравнение результатов оптимизации целевых функций данными алгоритмами

Ключевые слова: оптимизация, эволюционные алгоритмы, роевой интеллект

In this article considered comparison of the results of optimization objective functions by particle swarm algorithm and bee algorithm

Key words: optimization, evolutionary algorithm, swarm intelligence

Софьин Евгений Александрович

Студент

Рязанский государственный радиотехнический университет

г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1

Sofjin Eugene Alexandrovich

Student

Ryazan state radioengineering university

Ryazan, Gagarin st., 59/1

Решетова Вера Сергеевна

Студент

Рязанский государственный радиотехнический университет

г. Рязань, ул. Гагарина, 59/1

Reshetova Vera Sergeevna

Student

Ryazan state radioengineering university

Ryazan, Gagarin st., 59/1

Решение достаточно большого количества задач фундаментальных наук, таких как физика, математика, химия, сводится к оптимизации некоторой функции. Для быстрого нахождения экстремума (глобального максимума или минимума) применяются алгоритмы поисковой оптимизации, которые также называют роевыми или популяционными. В данной статье будут рассмотрены два роевых алгоритма: роя частиц и пчелиного роя.

Алгоритм роя частиц

Основой алгоритма роя частиц послужила модель поведения птиц, при которой вся стая рано или поздно слетается в месте с наибольшим количеством пищи. При этом члены стаи сообщают друг другу расположение мест в процессе поиска, что сопровождается замедлением скорости полёта каждой из птиц. Алгоритм роя частиц был предложен Джеймсом Кеннеди (Kennedy) и Расселом Еберхартом (Eberhart) в 1995 году.

В данном алгоритме каждая частица, подобно птице, имеет свои координаты и скорость. В качестве наилучшего источника пищи выступает максимум или минимум целевой функции. Частицы перемещаются в фиксированном n -

мерном пространстве. Для каждого положения частицы вычисляется значение целевой функции. После каждого перемещения происходит корректировка скорости движения частиц, которая зависит от лучшего положения, найденного каждой из частиц и роя в целом.

В классическом варианте формула коррекции скорости имеет следующий вид:

$$v_{i,t+1} = v_{i,t} + \varphi_p r_p (p_i - \chi_{i,t}) + \varphi_g r_g (g_i - \chi_{i,t}),$$

где $v_{i,t}$ – i -я компонента скорости при t -ой итерации;

$\chi_{i,t}$ – i -я координата частицы при t -ой итерации;

p_i – i -я координата лучшего решения, найденного частицей;

g_i – i -я координата лучшего решения найденного всеми частицами;

r_p, r_g – случайные числа, принадлежащие интервалу (0, 1);

φ_g, φ_p – коэффициенты скорости.

Коррекция координаты каждой из частиц происходит по формуле:

$$\chi_{i,t+1} = \chi_{i,t} + v_{i,t+1}.$$

Наибольшая точность и скорость оптимизации достигается при использовании алгоритма роя в каноническом виде. В данном варианте сходимость функции не так сильно зависит от коэффициентов скоростей φ_g и φ_p , что происходит за счет следующих нововведений:

$$v_{i,t+1} = X[v_{i,t} + \varphi_p r_p (p_i - \chi_{i,t}) + \varphi_g r_g (g_i - \chi_{i,t})],$$

где X определялся как:

$$X = \frac{2k}{|2 - \varphi - \sqrt{\varphi^2 - 4\varphi}|},$$

$$\varphi = \varphi_p + \varphi_g,$$

$$\varphi > 4,$$

k – коэффициент, лежащий в интервале (0, 1).

Алгоритм пчелиного роя

В основу алгоритма пчелиного роя было положено поведение медоносных пчел. Задачей каждой колонии пчел является исследование территории вокруг улья и поиск участков с наибольшей плотностью цветов. Каждая пчела запоминает лучшие места и сообщает об их местонахождении всей колонии. В итоге скорость движения пчел возрастает, и все пчелы сосредотачиваются вокруг участка с самым большим количеством нектара.

Каждая пчела колонии рассматривается как агент, который перемещается в поисках глобального минимума или максимума выбранной целевой функции. Первоначально все пчелы рассредоточены в заданном интервале поиска n -мерного пространства случайным образом. Далее каждая пчела изменяет своё положение, запоминая значение функции на текущей позиции, и сообщает о нем всей колонии. При этом происходит корректировка скорости полёта, которая зависит от глобальной наилучшей позиции (участка с наибольшей концентрацией нектара на всем пространстве поиска) и персональной наилучшей позиции

(лучшего участка, найденного каждой пчелой в частности). Формулу изменения скорости полета можно записать следующим образом:

$$v_n^{i+1} = \omega v_n^i + c_1 \text{rand}() (p_n - \chi_n) + c_2 \text{rand}() (g_n - \chi_n),$$

где v_n^i – скорость пчелы в n-том измерении на предыдущем шаге;

χ_n – координата пчелы в n-том измерении;

p_n – персональная наилучшая позиция;

g_n – глобальная наилучшая позиция;

ω – коэффициент, лежащий в интервале (0, 1), называемый «инерциальным весом», который показывает, как долго может перемещаться каждая пчела без изменения курса под влиянием персональной и глобальной наилучших позиций;

$\text{rand}()$ – функция, возвращающая число в интервале (-1, 1);

c_1 – масштабный коэффициент, определяющий влияние персональной наилучшей позиции на траекторию движения каждой пчелы;

c_2 – масштабный коэффициент, определяющий влияние глобальной наилучшей позиции на траекторию движения каждой пчелы.

Сравнение результатов работы алгоритмов роя частиц и пчелиного роя

Для сравнения производительности оба алгоритма были реализованы на языке программирования C#. Для наглядности был добавлен графический компонент ZedGraph, позволяющий отслеживать положение каждой частицы/пчелы в процессе оптимизации. По завершении расчетов выводится график, демонстрирующий сходимость значения целевой функции к оптимуму. При этом на графике отображаются значения целевой функции для лучшей частицы/пчелы на текущей итерации. Результат работы программы, реализующей алгоритм роя частиц, показан на рисунке 1. Программная реализация алгоритма пчелиного роя выполнена аналогичным образом.

Рис. 1. Работа программы, реализующей алгоритм роя частиц

Для сравнения производительности работы алгоритмов были выбраны две целевые функции, глобальные минимумы которых располагаются в точке 0: функция сферы и функция Растригина (см. таблицу 1). В таблицах 2 и 3 приведены результаты минимизации целевых функций при одинаковом количестве итераций.

Таблица 1. Тестовые функции

Функция	Формула
Растригина	$10\pi + \sum_{i=1}^n [(x_i)^2 - 10 \cdot \cos(2\pi(x_i - 1))]$
Сфера	$\sum_{i=1}^n (1 - x_i)^2$

Таблица 2. Результаты оптимизации целевых функций алгоритмом роя частиц

Функция	Пространство поиска	Значение функции	x_1	x_2
Растригина	-5,12; 5,12	0	-3.17E-9	-1,02E-9
Сфера	-100; 100	1,63E-16	3.87E-9	1,08E-8

Таблица 3. Результаты оптимизации целевых функций алгоритмом пчелиного роя

Функция	Пространство поиска	Значение функции	x_1	x_2
Растригина	-5,12; 5,12	3.07E-11	3.75E-6	2,12E-6
Сфера	-100; 100	1,63E-6	0.07E-6	1,16E-6

Из полученных результатов видно, что точность алгоритмов значительно отличается. При оптимизации функции поиск глобального оптимума всегда осуществляется на определенном промежутке: в нашем случае (-100, 100) для функции сферы и (-5.12, 5.12) для функции Растригина. Отличием алгоритма роя частиц является то, что частицы не могут вылететь за пределы выбранного промежутка. Это значительно влияет на вероятность нахождения лучшего значения. В свою очередь, в пчелином алгоритме используются так называемые «невидимые стены». Пчелы свободно могут вылетать за границы выбранной области, однако точки, обнаруженные такими пчелами, не учитываются в процессе оптимизации.

Таким образом, можно заключить, что алгоритму пчелиного роя потребуется больше итераций, чтобы приблизиться к точности результатов алгоритма роя частиц.

Список используемых источников:

1. Craig Reynolds. *Flocks, Herds, and Schools: A Distributed Behavioral Model* // *Computer Graphics*. 21(4). 1987. P. 25-34.
2. Kennedy J., Eberhart R. C. *Particle swarm optimization* // *In Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks*. 1995. P. 1942-1948.
3. Карпенко А.П. Популяционные алгоритмы глобальной поисковой оптимизации. Обзор новых и малоизвестных алгоритмов // *Информационные технологии*. №7. 2012. С. 1-32.

© 2016, Софьин Е.А., Решетова В.С.

Анализ работы алгоритмов роя частиц и пчелиного роя

© 2016, Sofjin E.A., Reshetova V.S.

Analysis of particle swarm algorithm and bee algorithm