

УДК 591.87

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТАЙНОГО АЛГОРИТМА ОПТИМИЗАЦИИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВЫБОРА СХЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ИНЕРЦИИ

© Ерохин Д.А., Ахмедова Ш.А.

e-mail: erohhaa@mail.ru

*Сибирский государственный университет науки и технологий
имени академика М. Ф. Решетнева, г. Красноярск, Российская Федерация*

Стайный алгоритм оптимизации (Particle Swarm Optimization, PSO) был предложен в 1995 году Дж. Кеннеди и Р. Эберхартом [1] для решения задач однокритериальной безусловной оптимизации функций вещественных переменных. Работа стайного алгоритма оптимизации начинается с генерирования случайным образом конечного множества (популяции) идентичных индивидов (частиц). Предположим, что число таких частиц равно N . Каждая i -ая частица ($i = 1, \dots, N$) описывается своим положением в пространстве поиска $x_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{iD})$ и скоростью перемещения в нем $v_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{iD})$. Далее каждая i -ая частица передвигается в пространстве поиска, изменяя свои скорость и координаты, основываясь на собственном опыте и опыте других частиц.

Изменение скорости и координат осуществляется по следующим формулам:

$$v_{ij}^{t+1} = \omega \cdot v_{ij}^t + c_1 \cdot \text{rand}_1 \cdot (p_{ij} - x_{ij}^t) + c_2 \cdot \text{rand}_2 \cdot (pg_j - x_{ij}^t),$$

$$x_{ij}^{t+1} = v_{ij}^{t+1} + x_{ij}^t,$$

в данных формулах x_{ij}^t , v_{ij}^t , x_{ij}^{t+1} , v_{ij}^{t+1} – координаты и скорость i -ой частицы на итерациях t и $t+1$ соответственно, p_{ij} – лучшее положение, найденное i -ой частицей за t итераций, pg_j – лучшее положение, найденное всей «стаей» за t итераций, rand_1 и rand_2 – случайные числа, сгенерированные на промежутке от 0 до 1.

Особый интерес в данных формулах представляют параметры алгоритма PSO: ω – инерционный вес, c_1 и c_2 – параметры обучения. Коэффициент инерции ω определяет «широту» исследования поисковой области частицами. Константа c_2 управляет воздействием глобального лучшего положения, а константа c_1 управляет воздействием личного лучшего положения на скорость каждой частицы. Эффективность работы алгоритма во многом зависит от выбора и настройки его параметров. В данной работе была осуществлена оценка работоспособности стайного алгоритма с различными комбинациями указанных выше параметров c_1 , c_2 и ω . Были установлены их значения, приводящие к наилучшим результатам при решении задач безусловной оптимизации функций вещественных переменных.

Изначально проводилось исследование эффективности алгоритма PSO в зависимости от выбора параметров c_1 и c_2 . Для определения их значений проводились тесты на различных функциях: размер популяции и число итераций не менялись, а значения параметров варьировались от 0.05 до 2. В итоге было установлено, что для простых функций, например, сферы или эллипсоида, лучшие результаты достигались при $c_1 = c_2 = 2$, в то время как на сложных функциях при $c_1 = c_2 = 1.7$.

Далее оценка работоспособности алгоритма PSO проводилась в зависимости от выбора коэффициента инерции. В данной работе рассматривались следующие схемы определения инерционного веса: константа, случайный вес, линейно убывающий параметр, осцилляционный инерционный вес, метод имитации отжига для

коэффициента инерции, логарифмически убывающий вес инерции, экспоненциально убывающий коэффициент инерции [3].

В рамках данного исследования размер популяции и максимальное число итераций не менялись и были равны соответственно $N = 50$ и $T = 2000$. Исследование эффективности алгоритма осуществлялось с помощью пяти тестовых функций: сфера, функция Гриванка, функция Розенброка, функция Растргина и функция Акли [4]. Кроме того, число переменных было равно $D = 10$, и для каждой задачи были осуществлены 30 программных запусков. Эффективность алгоритма с выбранной схемой определения коэффициента инерции оценивалась по следующим критериям: минимальное (1 строка) и среднее значения ошибки (2 строка), полученной в результате тестирования. Полученные результаты представлены в таблице, причем в первом столбце указаны номера использованных схем определения инерционного веса в заданном выше порядке.

Таблица. Результаты, полученные для различных схем определения коэффициента инерции

	Сфера	Ф. Гриванка	Ф. Розенброка	Ф. Растргина	Ф. Акли
1	0.0091	0.1076	9.2609	3.1338	1.1552
	0.0518	0.6930	114.2120	15.5008	3.5697
2	2.6516	12.6018	1434.11	41.2382	12.2764
	7.9168	26.5074	6218.4	56.0839	14.5058
3	0.0044	0.0394	0.3444	4.9748	0.0076
	0.0083	0.1411	10.5337	15.7535	0.4270
4	0.0039	0.0272	2.9618	4.9810	0.0083
	0.0082	0.1434	47.2568	14.6958	0.5158
5	0.0707	0.8153	33.5948	15.5437	2.4608
	0.7809	3.1461	279.2290	28.6901	6.1671
6	0.0054	0.0295	1.9528	4.9748	0.0070
	0.0085	0.1179	26.1101	14.1982	0.1620
7	0.0044	0.0271	0.9745	4.9748	0.0082
	0.0084	0.1229	31.4282	13.5460	0.1406

Таким образом, в данной работе было представлено исследование эффективности стайного алгоритма оптимизации в зависимости от выбора его параметров. С этой целью были рассмотрены 7 схем определения инерционного веса. В итоге было установлено, что лучшие результаты для указанных выше тестовых задач оптимизации достигались при линейном убывании коэффициента инерции, что позволяет сделать вывод о ее работоспособности и целесообразности применения.

Библиографический список

1. Kennedy, J., Eberhart, R. Particle swarm optimization // Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks, 1995. – P. 1942–1948.
2. Shi, Y., Eberhart, R. A modified particle swarm optimizer // Proceedings of the IEEE World Congress on Computational Intelligence, 1998. – P. 69–73.
3. Bansal, J. C., Singh, P. K., Saraswat, M. Inertia Weight Strategies in Particle Swarm Optimization // Third World Congress on Nature and Biologically Inspired Computing, 2011. – P. 640–647.
4. Molga, M., Smutnicki, Cz. Test functions for optimization need, 2005. – 3 kwietnia.