

О возможностях популяционного алгоритма оптимизации роем светлячков в условиях воздействия помех

В.А. Засов

Самарский государственный университет путей сообщения
Самара, Россия
vzasov@mail.ru

К.А. Бусаргина

Самарский государственный университет путей сообщения
Самара, Россия
k_busargina@mail.ru

Аннотация—Представлены результаты исследования влияния помех на вычисление экстремумов мультимодальных целевых функций алгоритмом оптимизации роем светлячков. Приведены экспериментальные зависимости времени выполнения этого алгоритма от прозрачности и освещенности среды. Исследования проводились на тестовых функциях Розенброка, сферической и Экли.

Ключевые слова—роевой, алгоритм, оптимизация, светлячки, помехи, прозрачность, освещенность

1. ВВЕДЕНИЕ

Решением задачи оптимизации является вычисление экстремумов определенной целевой функции $f(X)$, т.е.

$$f_{opt}(X) = \max_{X \in D} f(X), \text{ или } f_{opt}(X) = \min_{X \in D} f(X),$$

где X – вектор варьируемых параметров, D – область допустимых значений X . Для определения экстремумов мультимодальных и имеющих разрывы целевых функций эффективно использование популяционных роевых алгоритмов оптимизации [1]. Каналы информационного обмена агентов роя между собой и внешней средой для разных роевых алгоритмов (колонии муравьев, роя пчел, роя светлячков и др.) различны (химический, акустический, оптический) и подвержены искажающему влиянию помех, что снижает эффективность применения роевых алгоритмов [1,2].

В работе представлены результаты исследований временных характеристик алгоритма оптимизации роем светлячков при воздействии помех, определяемых прозрачностью и освещенностью среды.

2. АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ РОЕМ СВЕТЛЯЧКОВ: ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ

Принципы работы алгоритма оптимизации роем светлячков определяются поведением в рое светлячков, которые в процессе жизнедеятельности производят короткие и ритмичные всплески. Ритмичность, частота мигания и интервалы всплесков являются параметрами информационной системы, позволяющей организовать взаимодействие светлячков в рое.

Алгоритм светлячков базируется на двух важных характеристиках: изменении интенсивности света и формировании привлекательности. Для простоты предполагается, что привлекательность светлячка определяется его яркостью, которая связана с целевой функцией [1,3]. Яркость излучения светлячка f_i из популяции F , где $i=1, \dots, N$, принимаем равной значению функции пригодности в его текущем положении.

Привлекательность светлячка f_i для светлячка f_j определяется так:

$$\beta_{i,j} = \beta_0 \times \exp(-\gamma \times r_{i,j}^2),$$

где $i, j = \overline{1, N}, i \neq j$, величина $r_{i,j}$ – расстояние между светлячками f_i и f_j , β_0 – взаимная привлекательность светлячков при нулевом расстоянии между ними; γ – коэффициент поглощения света средой [1,3].

Алгоритм взаимодействия светлячков (в дальнейшем агентов) можно представить следующими шагами:

Шаг 1: Инициализация начальной популяции агентов x_i .

Шаг 2: Определение коэффициента поглощения света γ .

Шаг 3: Перемещение агента i в направлении агента j в d -измерении. Перемещение агента роя в новое положение производится соответствии с механизмом, в котором обновляется положение и пригодность агентов.

Шаг 4: Если параметр яркости на текущем номере итерации достиг максимального значения, то вычисления заканчиваются, в противном случае переходим к шагу 2.

Шаг 5: Оценка новых решений и обновление интенсивности света.

При инициализации поиска все агенты случайным образом распределены в поисковом пространстве (области допустимых значений) целевой функции. Далее, каждый агент движется в направлении того агента, у которого уровень свечения выше.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Исследование алгоритма оптимизации роем светлячков производилось методом компьютерного моделирования с использованием тестовых мультимодальных целевых функций Розенброка и Экли, а также унимодальной Сферической функции [4]. Воздействие помех моделировалось прозрачностью и освещенностью среды, которые влияли на канал распространения световых сигналов между агентами. Прозрачность среды изменялась от 0% (полностью непрозрачна) до 100% (полностью прозрачна). Освещенность среды определяется относительно максимальной яркости агента: освещенность равна 1, когда ее значение соответствует максимальной яркости агента и равна нулю, если освещенности среды нет. Исходное расположение светлячков в рое (в области D

допустимых значений X тестовых функций) перед началом моделирования случайное.

На рис.1 приведены результаты компьютерного моделирования определения экстремумов тестовой функции Экли при отсутствии помех (100% прозрачности и освещенности равной нулю). Эта функция имеет 9 экстремумов (минимумов), каждый из которых определен роем агентов, общее количество которых равно 500. Количество агентов для каждого экстремума (минимума) функции соответствует значению экстремума: чем больше экстремум (меньше минимум), тем больше количество определивших его агентов.

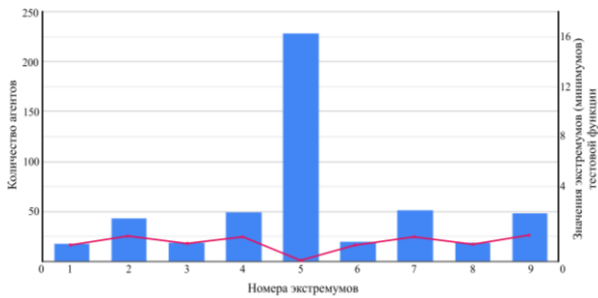


Рис. 1. Результаты компьютерного моделирования определения экстремумов тестовой функции Экли

Экспериментальные зависимости времени выполнения алгоритма от прозрачности среды и количества агентов в рое для тестовых функций Экли, Розенброка и Сферической приведены соответственно на рис.2 и рис.3.

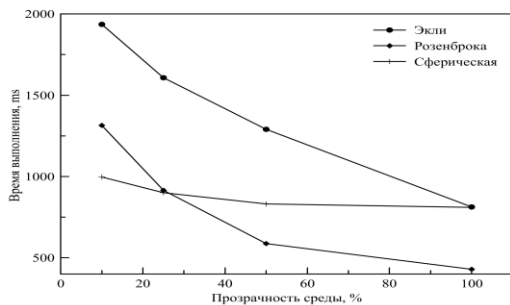
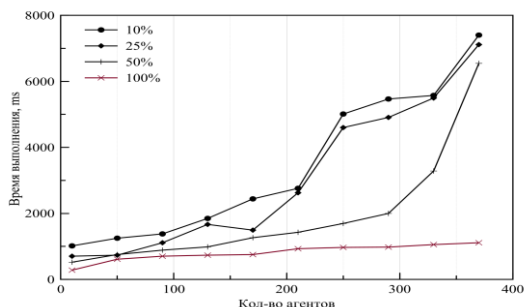


Рис.2. Экспериментальные зависимости времени выполнения алгоритма от прозрачности среды для различных тестовых функций



функций

Рис.3. Экспериментальные зависимости времени выполнения алгоритма от количества агентов в рое и разной прозрачности среды

Результаты экспериментов показывают, что подход к увеличению достоверности и уменьшения погрешности решения задачи оптимизации при определенной прозрачности среды за счет увеличения числа агентов приводит к значительному (в несколько раз) увеличению времени работы алгоритма, что важно в приложениях реального времени.

На рис.4 приведены экспериментальные зависимости времени выполнения алгоритма от освещенности среды и количества агентов в рое.

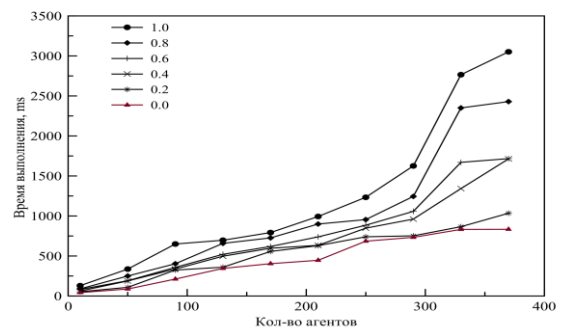


Рис.4. Экспериментальная зависимость времени выполнения алгоритма от количества агентов в рое и разной освещенности среды

Увеличение освещенности среды приводит к уменьшению яркости агентов в рое и, следовательно, к уменьшению их привлекательности. Яркость $f_{a-осв}$ агента в рое при определенной освещенности среды равна $f_{a-осв} = f_{a-исх} - f_{осв}$, где $f_{a-исх}$ - исходная яркость агента, $f_{осв}$ - освещенность среды. Уменьшение яркости агентов приводит к значительному (в несколько раз) увеличению времени выполнения алгоритма оптимизации

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведены экспериментальные зависимости времени выполнения алгоритма оптимизации роем светлячков от помех, определяемых прозрачностью и освещенностью среды, а также от количества агентов в рое. Исследования проводились на тестовых функциях Розенброка, Сферической и Экли. Результаты исследования могут найти применение в мониторинге распределенных объектов группами (командами) взаимодействующих мобильных роботов [5].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Карпенко, А.П. Современные алгоритмы поисковой оптимизации. Алгоритмы вдохновленные природой: учебное пособие / А.П. Карпенко. – М: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. – 446 с.
- [2] Kaurov, A. A. Efficiency Indicators of Certain Parallel Population-Based Optimization Algorithms / A. A. Kaurov, V. A. Zasov, D. S. Kabizhskiy // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2022. – Vol. 330 LNNS. – P. 237-245. – DOI 10.1007/978-3-030-87178-9_24.
- [3] Lukasik, S. Firefly algorithm for continuous constrained optimization tasks / S. Lukasik, S. Zak // Computational Collective Intelligence. Semantic Web, Social Networks and Multiagent Systems. – 2009. – P. 97–106.
- [4] Mishra, S. Some new test functions for global optimization and performance of repulsive particle swarm method / S. Mishra // MPRA Paper. North-Eastern Hill University, Shillong, 2006. – 25 p.
- [5] Мостовой, Я.А. Оптимальное планирование операций роа подвижных объектов в условиях неопределённости / Я.А. Мостовой, В.А. Бердников // Компьютерная оптика. – 2020. – Т. 44, № 3. – С. 466-475. DOI: 10.18287/2412-6179-CO-5.