

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕГУЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ МУРАВЬИНОГО АЛГОРИТМА НА СХОДИМОСТЬ

Шутова Ю.О., Мартынова Ю.А.

Научный руководитель: Мартынова Ю.А.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: [jshutova91@gmail.com](mailto:jshutova91@gmail.com)

### Введение

Алгоритм оптимизации подражанием муравьиной колонии, иначе Муравьиный алгоритм применяется для решения задач поиска оптимальных маршрутов на графах. Преимущество алгоритма заключается в его масштабируемости, а также гарантированной сходимости, что позволяет получить оптимальное решение независимо от размерности графа. Единственный минус заключается в том, что скорость сходимости неизвестна.

Отправной точкой в изучении алгоритма послужили эксперименты по изучению поведения реальных муравьев, проводимые Госсом (1989 год) и Денеборгом (1990 год). Однако первым, кто формализовал поведение муравьев и выработал стратегию решения для задачи о кратчайших путях, стал Марко Дориги (Университет Брюсселя, Бельгия). Ему же приписывается авторство алгоритма.

### Принципы алгоритма

Алгоритм моделирует поведение муравьиной колонии. Одной из причин, по которой выбор пал именно на этих насекомых, является их способность образовывать коллективы. Именно коллективная система позволяет эффективно решать задачи динамического характера, которые не могли бы быть выполнены отдельными элементами системы без наличия соответствующей координации со стороны. Муравьи же обладают способностью самоорганизации, позволяющей быстро адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды и находить оптимальный путь от муравейника до места, где находится еда.

Обмен информацией происходит посредством феромонов, которыми отдельные особи помечают пройденный ими путь. Чем больше феромонов, тем чаще используется тропа, что указывает на оптимальность маршрута с точки зрения его длины.

Если попытаться рассмотреть проблему поиска оптимального маршрута с экономической точки зрения, то феромон можно рассматривать как получаемую прибыль, зависящую от количества потребителей-муравьев, пользующихся предоставляемой услугой. Чем больше потребителей имеет услуга, тем больше прибыль, что указывает на степень налаженности процесса продажи и обслуживания.

Рассмотрим поведение муравьев на конкретном примере (рисунок 1). Задача состоит в том, чтобы найти оптимальный путь до цели, обойдя препятствие с минимальными потерями. Логично

предположить, что изначально муравьи будут обходить препятствие как слева, так и справа с одинаковой вероятностью, однако те представители колонии, которые выберут кратчайший путь преодолеют расстояние от начальной точки до цели и обратно в кратчайшие сроки, а значит, разница по времени между откладкой феромона вернувшимся муравьем и началом движения следующего будет меньше, а концентрация феромона наоборот выше. А поскольку ориентиром при движении для муравьев служит именно феромон, то логично предположить, что именно путь с большей концентрацией феромонов будет выбран остальными членами колонии.

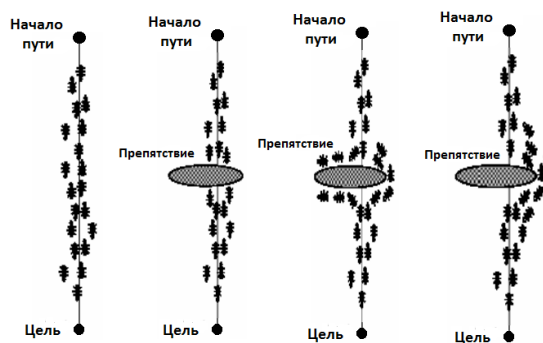


Рис. 1. Поведение муравьев

Любой муравьиный алгоритм можно описать следующей последовательностью действий, выполняющихся пока условия выхода не выполнены:

1. Создание муравьёв. При инициализации алгоритма следует обратить внимание на следующую особенность: муравьи должны помещаться либо все в одну точку, либо все в разные. В момент создания колонии задаётся начальный уровень феромона, характеризующийся неким небольшим положительным числом. Это необходимо для обеспечения ненулевой вероятности перехода в следующую точку на начальном шаге.

2. Поиск решения. Маршрут представляет собой совокупность вершин графа. Вероятность перехода из вершины  $i$  в вершину  $j$  определяется по следующей формуле:

$$p_{ij} = \begin{cases} \frac{\tau_{ij}^\alpha * \eta_{ij}^\beta}{\sum_{h \notin tabu_k} \tau_{ij}^\alpha * \eta_{ij}^\beta} & \text{if } j \notin tabu_k \\ 0 & \end{cases} \quad (1)$$

$\tau_{ij}$  – уровень феромона;

$\alpha, \beta$  – константные параметры;

$$0 \leq \alpha \leq 5; 1 \leq \beta \leq 5;$$

$tabu_k$  – означает, что точки, уже посещенные муравьями в расчетах не участвуют;

$\eta_{ij}$  – величина обратная длине пути между точками  $i - j$ .

$$\eta_{ij} = \frac{1}{L_{ij}} \quad (2)$$

При  $\alpha = 0$  имеем жадный алгоритм, т.к. выбор ближайшего города становится наиболее вероятным. Т.е. феромоны не берутся в расчет.

При  $\beta = 0$  выбор основан только на величине феромона, длина пути не учитывается.

Ниже представлены оптимальные комбинации параметров:

3. Обновление феромонов. Уровень феромона обновляется в соответствии с приведённой формулой:

$$\tau_{ij}^{new} = p * \tau_{ij}^{old} + \Delta \tau \quad (3)$$

$\tau_{ij}^{new}$  – обновленное значение феромона;

$\tau_{ij}^{old}$  – значение феромона, которое необходимо обновить;

$p$  – константа, контролирует скорость испарения феромона:  $0.1 \leq p \leq 0.99$ ;

$$\Delta \tau = \frac{Q}{L_0} \quad (4)$$

$Q$  – константа, которая характеризует искусственно добавляемую величину феромона, значение  $Q$  зависит от длины пути до точки назначения: чем короче путь, тем больше должно быть значение  $Q$ :  $10 \leq Q \leq 10000$ ;

$L_0$  – общая длина пройденного пути.

### Параметры алгоритма

В таблице 1 представлены оптимальные комбинации параметров, использующихся в алгоритме.

Таблица 1. Оптимальный набор параметров

$\alpha$ parameter	$\beta$ parameter
0.5	5.0
1.0	1.0
1.0	2.0
1.0	5.0

При плохом подборе параметров возможно возникновение следующих ситуаций (рисунок 2):

1. Большие значения параметра  $\alpha$ , при которых муравь заходят в тупик, не находя решений.
2. При малых значениях  $\alpha$ -параметра муравьи в состоянии найти путь из начальной точки в конечную, однако такой путь не является оптимальным.

3. В третьем случае возможен поиск оптимального решения.

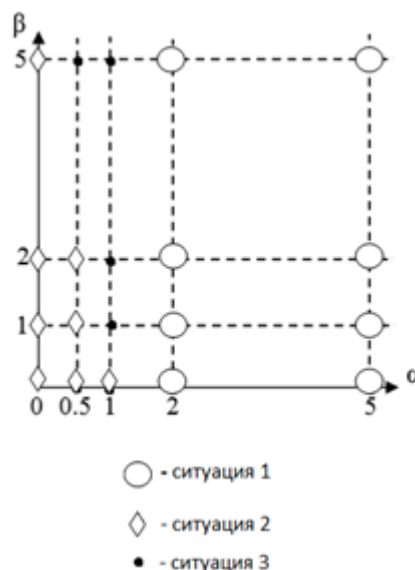


Рис. 2. Комбинации значений параметров

### Заключение

Полученные в ходе исследования результаты можно объяснить следующим образом: параметр  $\alpha$  позволяет учитывать опыт предыдущих поколений муравьев, в то время как  $\beta$  ориентирован лишь на длину пути. Лишь при должной комбинации значений параметров возможно нахождение оптимального маршрута.

### Список литературы

1. M. Dorigo, V. Maniezzo "Ant Colony optimization". [Online service]. Access mode: <http://informatics.indiana.edu/jbollen/IS01F13/readings/dorigo99ant.pdf>.
2. S. C. Zhan, J. Xu, J. Wu, "The optimal selection of the parameters of the ant colony algorithm", bulletin of Science and Technology, 19(5): pp.381-386, 2003.
3. H. B. Duan, X. F. Yu, "A novel improved ant colony algorithm with fast global optimization and its simulation", Information and Control, 33(2): pp. 241-244, 2004.
4. M. Dorigo, M. Birattari, T. Stutzle, "Ant colony optimization – Artificial ants as a computational intelligence Technique", IEEE Computational intelligence magazine, 2006.
5. M. Dorigo, V. Maniezzo, A. Colomi "The Ant system: Optimization by a Colony of Cooperating Agents", IEEE Transactions on systems, Man and Cybernetic-Part B, 26(1): pp. 1-13, 1996.
6. A. Colomi, M. Dorigo, V. Maniezzo, M. Trubian, "Ant system for Job-Shop Scheduling," JORBEL - Belgian Journal of Operations Research, Statistics and Computer Science, 34, 1, 39–53.