

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАЭВРИСТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПОИСКА ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТА

Круглова Т.Н., Власов А.С.

Южно-Российский государственный политехнический университет имени М.И. Платова,
г.Новочеркасск, Российская Федерация

Аннотация. Работа посвящена исследованию метаэвристических алгоритмов для решения задач поиска оптимального маршрута сельскохозяйственного мобильного робота. Были рассмотрены методы колонии муравьев, имитации отжига, поиск по запретам и генетический алгоритм как основа для разработки навигационной системы, способной по нескольким критериям выбирать наилучшую траекторию движения с точки зрения быстродействия и безопасности. В данной работе не сравнивается работа с наукоточными алгоритмами, такими как динамическое программирование по причине высоких требований к вычислительной мощности по мере увеличения размера задачи. Целью исследования является получение практических результатов работы метаэвристических алгоритмов.

Ключевые слова. Метаэвристика, целевая функция, мобильная робототехника.

RESEARCH OF METAHEURISTIC ALGORITHMS FOR SOLVING THE PROBLEMS OF AN OPTIMAL PATH PLANNING

Kruglova T.N. Vlasov A.S.

Platov South-Russian State Polytechnic University, Novocherkassk, Russian Federation

Abstract. This paper is devoted to the study of metaheuristic algorithms for solving problems of finding the optimal route for an agricultural mobile robot. Methods of an ant colony, simulated annealing, prohibition search, and a genetic algorithm were considered as the basis for the development of a navigation system capable of selecting the best trajectory in terms of speed and safety according to several criteria. This paper does not compare work with science-based algorithms such as dynamic programming due to the high demands on computing power as the size of the task increases. The aim of the study is to obtain practical results of the work of metaheuristic algorithms.

Keywords. Metaheuristics, fitness function, mobile robotics.

Развитие сельскохозяйственной робототехники является важным фактором развития общества, увеличение производительности и качества продукции как результат сильной экономики. Мобильные роботы обладают большим потенциалом для автоматизации технологических процессов, такие как посев/сбор урожая, мелиорация и диагностика роста растений. Так как работа таких устройств осуществляется в неизвестной динамической среде и на пересеченной местности, система управления обязана не только выполнить поставленную задачу, но и решать проблему поиска и отслеживая заданного маршрута. Как правило, в роли навигационной системы выступает глобальная система позиционирования, обладающая рядом существенных недостатков, такие как большая погрешность и возможность потери связи со спутником. В стремлении повысить уровень автономности задача планирования маршрута ложится на мобильного робота, а такая система нуждается в оптимизации выбора траектории на основе критериев, таких как быстродействие и безопасность.

Такая задача относится к области комбинаторной оптимизации и существует множество способов решения данной проблемы. Наукоточные алгоритмы дадут точное решение, но их использование в мобильной робототехнике не применимо из-за требований к вычислительной мощности и затраченному времени, так как сложность расчета растет $n!$, где n - количество точек маршрута[4]. К этим алгоритмам относятся динамическое программирование, метод грубой силы(полный перебор), алгоритм Дейкстры[1]. Также разработано множество классических эвристик, которые дают решение за малое время, но не могут гарантировать оптимальность, например алгоритм ближайшего соседа. Метаэвристика является наиболее многообещающей, она объединяет понятия памяти, построения и улучшения решения. Поиск текущего решения определяется результатом решения, полученного на предыдущей итерации, а затем использует механику улучшения решения для

перехода к следующему, например алгоритм колонии муравьев[2], поиск по запретам[6], генетический алгоритм[3] и имитация отжига[6].

Исходя из того, что методов решения существует достаточное количество, главным условием получения оптимального решения является корректно подобранная целевая функция, еще ее называют фитнес функция. При планировании маршрута мобильных роботов также приходится учитывать множество критериев, выбирая между кратчайшей или наиболее безопасной траекторией движения. При интеграции критериев в целевую функцию необходимо подбирать их таким образом, чтобы выполнить следующие требования: критерий должен отражать один физический процесс, быть простым и легко рассчитываемым. Поэтому разберем составление целевой функции.

Решение задачи планирования маршрута мобильного робота тесно связана с классической проблемой коммивояжера. Расстояние пути высчитывается по формуле:

$$D_{i,j} = \sum_{k=1}^n \sqrt{(x_{k+1} - x_k)^2 + (y_{k+1} - y_k)^2},$$

где k - номер точки маршрута, x_k и y_k - координаты точки маршрута.

В работе [7] представлены исследования целевой функции с использованием 3-х критериев:

- 1) Кротчайший путь;
- 2) Общее число поворотов;
- 3) Количество правых и левых поворотов;

Рассмотрим первую составляющую функции f_1 , где f_1 является расстоянием пути, проходящего через определенный набор точек(координат), являющийся взвешенным графом. Таким образом, предположим, что такой граф содержит 16 точек, где i изменяется $(1,2,...,n)$ при $n=16$. При решении данной задачи целевая функция минимизации общего пройденного расстояния f_1 через все точки будет выглядеть как в уравнении (2):

$$f_1 = \sum_{i=1}^n d(P_i),$$

где P_i – является i -й точкой на графе, d - расстояние между соседними точками. Значение функции f_1 будет влиять на конечное решение с коэффициентом приоритета k_1 , который лежит в диапазоне $[0,1]$.

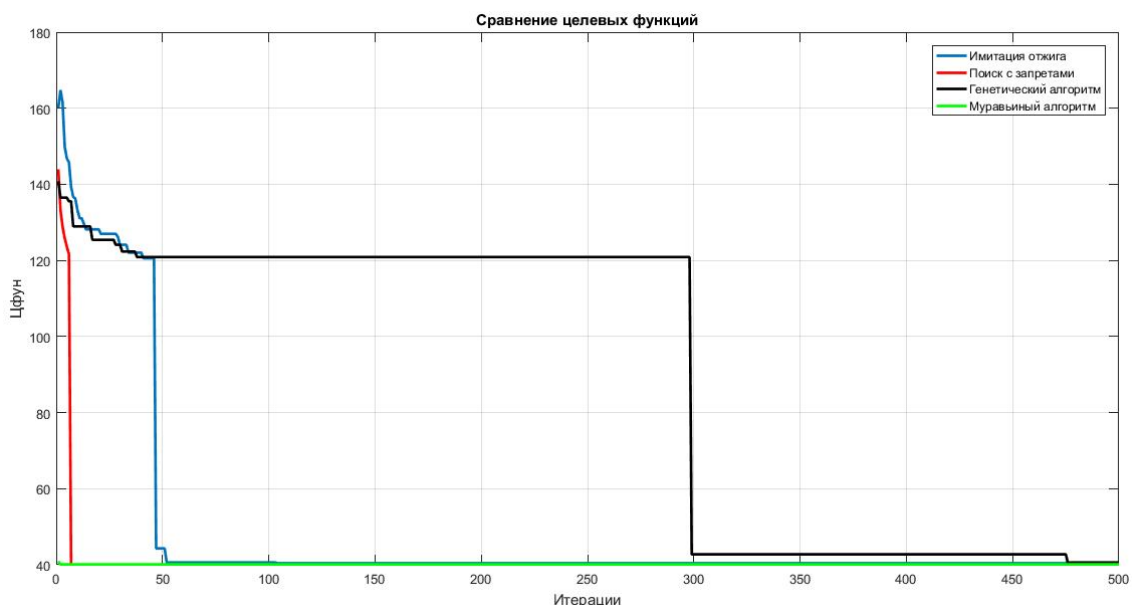


Рисунок 1 - Результаты исследования целевой функции для оптимизации движения мобильного робота с помощью метаэвристики

Далее необходимо рассчитать значения критериев f_2 - общее число поворотов и f_3 - разница между количеством левых и правых поворотов, совершенных мобильным роботом. Минимизация этих параметров позволит получить в конечном более сглаженную траекторию. В общем виде целевая функция будет выглядеть как:

$$F_0 = f_1 k_1 + f_2 k_2 + f_3 k_3,$$

где $\sum k_i = 1$. Такое условие позволяет контролировать уровень приоритета критерия и соответственно влияет на качество конечного решения.

Таким образом, на описанной выше целевой функции было исследовано поведение выше описанных метаэвристических алгоритмов. На рисунке 1 показаны результаты работы алгоритмов и изменение полученных значений целевых функций. Для всех случаев коэффициент приоритета был подобран следующим образом: k_1 -50%, k_2 -10%, k_3 -40%.

Как видно из рисунка 1 наилучший результат был показан алгоритмом колонии муравьев с точки зрения скорости получения оптимального решения. Вторым по скорости оказался поиск с запретами, 3-м алгоритм имитации отжига. Генетический алгоритм показал наихудшую сходимость по скорости и его применение в разработке системы оптимального планирования маршрута не рекомендуется.

В данной статье были получены практические результаты работы метаэвристических алгоритмов. В будущем будут проведены исследования с другими методами, такими как рой частиц и гибридными видами алгоритмов, полученными в результате скрещивания либо улучшения параметров метаэвристики. Планируется разработка математической модели системы управления с применением оптимального планирования маршрута, а также исследования с физической моделью.

Список использованных источников

1. Antonio Sedeño-Noda, Andrea Raith. A Dijkstra-like method computing all extreme supported non-dominated solutions of the biobjective shortest path problem. *Computers & Operations Research* 57(2015) pp. 83–94.
2. Michael Brand, Michael Masuda, Nicole Wehner, Xiao-Hua Yu Ant Colony Optimization Algorithm for Robot Path Planning 2010 International Conference On Computer Design And Applications (ICDDA 2010)
3. Masoud Samadi, Mohd Fauzi Othman. Global Path Planning for Autonomous Mobile Robot Using Genetic Algorithm <https://www.researchgate.net/publication/262244964>
4. Б.Б. Михайлов, А.В. Назарова, А.С. Юценко. Автономные мобильные роботы – навигация и управление// Известия ЮФУ. Технические науки Раздел I. Технологии управления и моделирования. с.48-67
5. Isra Natheer Alkallak , Ruqaya Zedan Sha'ban// Tabu Search Method for Solving the Traveling salesman Problem// Raf. J. of Comp. & Math's. , Vol. 5, No. 2, 2008
6. van Laarhoven P.J.M., Aarts E.H.L. Simulated Annealing: Theory and Applications. – Dordrecht: Springer, 1987
7. А.С. Власов, Т.Н. Круглова. Система планирования оптимального маршрута мобильного робота. Студенческая научная весна – 2019: материалы региональной научно-технической конференции (конкурса научно-технических работ) студентов, аспирантов и молодых ученых вузов Ростовской области, г. Новочеркасск, 13–14 мая 2019 г. / Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. – Новочеркасск: ЮРГПУ(НПИ), 2019. – 439 с.