

**Блудов В.А.**

(Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»),

**Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Скобцов Ю.А.**

(Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»)

**Аннотация.** Предложен муравьиный алгоритм (МА) планирования пути робота в сложной среде. Определены основные формулы МА для поставленной задачи: вероятность выбора следующей позиции, коррекция концентрации искусственного феромона и т.п. Оптимизация пути робота проводится по трем критериям: длина пути, суммарный угол поворота, риск столкновения с препятствиями. Многокритериальная оптимизация выполняется методом на основе концепции Парето. Проведены компьютерные эксперименты по построению путей роботов в сложной среде.

**Введение.** Для повышения эффективности, «интеллектуальности» и расширения функций технических систем широко применяются методы искусственного интеллекта (ИИ). МА представляют одно из наиболее перспективных направлений ИИ и хорошо себя показали, прежде всего, при решении задач комбинаторной оптимизации [1]. В данной работе рассмотрены проблемы применения МА в робототехнике при планировании пути робота в сложной среде. Область применения роботов в настоящее время стремительно расширяется [2]. Они применяются во многих отраслях промышленности, в опасной и агрессивной среде, в условиях военных действий, космических исследованиях и т.д. Применение роботов, особенно, интеллектуальных, позволяет решать многие сложнейшие научно-технические задачи - от исследования далеких планет до диагностики и лечения человеческого организма. Поэтому проблемам проектирования и обучения роботов посвящено огромное число исследований, выполняемых как в России, так и за рубежом.

*Цель работы* – повышение эффективности планирования пути робота в сложной среде путем применения современных методов искусственного интеллекта. Для достижения поставленной цели предложен многокритериальный МА, который позволяет строить оптимальный путь робота в сложной среде с препятствиями.

Существующие методы планирования путей и навигации роботов можно разделить на несколько классов:

- 1) Методы на основе графов:
  - Диаграмма видимости.
  - Диаграмма вороного.
  - Вероятностная дорожная карта.
  - Метод быстро исследующих случайных деревьев.
- 2) Методы на основе клеточной декомпозиции:
  - Алгоритм Дейкстры.
  - Метод распространения волнового фронта.
- 3) Метод потенциальных полей.
- 4) Оптимизационные методы:
  - Плоские модели
  - Смешанное целочисленное линейное программирование
  - Двоично-целочисленное программирование
- 5) Методы на основе интеллектуальных технологий:
  - Муравьиный алгоритм.
  - Искусственная нейронная сеть.
  - Роевой алгоритм.
  - Реактивные методы.

**Основная часть.** С нашей точки зрения наибольший интерес здесь представляет муравьиный алгоритм, с некоторой инкапсуляцией в него алгоритма Дейкстры, что можно назвать гибридным муравьиным алгоритмом.

При данном подходе алгоритм выглядит следующим образом:

1. С применением Maklink теории формируется пространство, свободное от препятствий.
2. От каждой вершины окаймленного препятствия до границы среди откладывается свободная Maklink линия, не пересекающая ни одно из окантовки препятствий.

3. Удаляются избыточные линии, так, чтобы свободное пространство являлось выпуклым многоугольником с максимальной площадью, на основании которого строится граф, составленный из пронумерованных средних точек оставшихся линий.
4. Определяются параметры алгоритма, для каждого муравья  $k$  ( $k=1,2,\dots,d$ ) задается одномерный массив путей – длиной  $d$  элементов, в котором лежат  $y$ -координаты узлов (не включая начальные и конечные точки) такой, что  $k$ -й муравей проходит каждый узел в указанном порядке.
5. Счетчик итерации поколений устанавливается в начало, равным 1,  $m$  муравьев помещается в начальную точку  $S$
6. Выбирается некоторый наиболее предпочтительный узел на линии  $h$  для муравья  $k$ , муравей перемещается в данный узел, запоминается  $y$ -координата данного узла в массив путей, выполняется локальная коррекция концентрации феромона.
7. Муравьи итеративно перемещаются к точке назначения  $T$
8. В соответствии с полученными значениями определяется положение точек на соответствующих  $Maxlink$  линиях и вычисляется длина пути, построенного каждым муравьем.
9. Находится кратчайший путь в текущем поколении и сравнивается с оптимальным путем, полученным на предыдущей итерации, запоминается лучший путь.
10. Все значения массива пути сбрасываются в 0, выполняется глобальная коррекция концентрации феромона
11. Если количество итераций достигло заданного числа или все  $m$  муравьев построили одинаковый тур – работа алгоритма заканчивается.

Такой подход позволяет понизить размерность задачи (свести к 1-мерной оптимизации), что существенно повышает быстродействие алгоритма. Программная реализация и компьютерные эксперименты подтвердили эффективность предложенного алгоритма для сред различной сложности. Алгоритм применялся как в случае двумерной окружающей среды, так и в случае трехмерной.

**Выводы.** В целом гибридный МА показал себя как эффективный алгоритм поиска, позволяющий найти оптимальный путь робота всего за несколько итераций. В силу высокого быстродействия алгоритм можно использовать как в статической среде для планирования пути в режиме *offline*, так и в динамической среде для навигации робота в режиме *online*.

Блудов В.А. (автор)

Подпись

Скобцов Ю.А. (научный руководитель)

Подпись