

«ТВОЯ НАУКА»
Международный научно-издательский центр
г. Москва

Сборник статей
X Международной научно-практической конференции

**«АКТУАЛЬНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ
И ИННОВАЦИИ В НАУКЕ
И ТЕХНИКЕ»**

Москва
МНИЦ «Твоя наука»
2023

УДК 082

ББК 60+65

A43

A43 АКТУАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИННОВАЦИИ В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ: сборник статей X Международной научно-практической конференции. – Москва: Международный научно-издательский центр «Твоя наука». – 2023. – 315 с.

Сборник содержит статьи участников X Международной научно-практической конференции «Актуальные исследования и инновации в науке и технике», состоявшейся 18 декабря 2023 г. в г. Москва.

В сборнике научных трудов рассматриваются современные научные проблемы и практики применения результатов научных исследований. Материалы сборника предназначены для научных работников, преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов в целях применения в научной работе и учебной деятельности.

Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен, названий и иных сведений, а также за соблюдение законодательства об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов.

Ответственный редактор: *Емельянов Н.В.*, руководитель МНИЦ «Твоя наука».

Научный редактор: *Кетова К.В.*, доктор физико-математических наук, профессор кафедры прикладной математики и информационных технологий Ижевского государственного технического университета имени М.Т. Калашникова.

Рецензент: *Акифи О.И.*, кандидат филологических наук, доцент кафедры русского языка БГТУ им. В.Г. Шухова.

УДК 082
ББК 60+65

© МНИЦ «Твоя наука», 2023
© Коллектив авторов, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

ПЕТРОВА Е.С., КРАМОРЕВА Л.И., ВИГУРСКАЯ М.Ю. ФОРМИРОВАНИЕ ПСЕВДО – БЕССЕЛЕВА ЭЛЛИПТИЧЕСКОГО СВЕТОВОГО ПУЧКА С ПОМОЩЬЮ ДУБЛЕТА АКСИКОН – СФЕРИЧЕСКОЕ ЗЕРКАЛО 7

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

ККАРИТА СУКАРИ АНИЕЛЬ НОЕМИ АНАЛИЗ СВОЙСТВ АСФАЛЬТОВОЙ СМЕСИ МОДИФИЦИРОВАННОГО ПОКРЫТИЯ С ДОБАВКОЙ БАЗАЛЬТА..... 17

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

АКСЕНОВ О.Р., МИХАЙЛОВА О.В. СЕНСОРЫ И ИХ РОЛЬ В ВОСПРИЯТИИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ МОБИЛЬНЫМИ РОБОТАМИ 23

АКСЕНОВ О.Р., МИХАЙЛОВА О.В. ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ..... 29

АПЁНКИН Д.Е., МАРЧЕНКО Д.И., КОКОРЕВ И.С. ПРОВЕДЕНИЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ И РАЗРЕЗАХ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ РЕЖИМЕ 37

АПЁНКИН Д.Е., МАРЧЕНКО Д.И., СПИРИДОНОВ В.В. ОРГАНИЗАЦИЯ БЕЗЛЮДНОЙ ВЫЕМКИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРИБОРОВ КОНТРОЛЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ..... 43

ГЕЛЬГЕНБЕРГ И.О., ПИЧУГИН В.А., СПИРИДОНОВ В.В. СОВРЕМЕННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ГОРНЫХ РАБОТ В ИНЕРТНОЙ СРЕДЕ 51

ГЕЛЬГЕНБЕРГ И.О., ПИЧУГИН В.А., СПИРИДОНОВ В.В. АДАПТАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ БЕЗЛЮДНОЙ ВЫЕМКИ УГЛЯ ДЛЯ СОВРЕМЕННЫХ ШАХТ 60

ГЕРИЛОВИЧ Д.А. СТРУЙНЫЕ АППАРАТЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ..... 68

ЖУКОВА Т.Ю. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ПРОТИВОЭРОЗИОННОГО ПОКРЫТИЯ – ГЕОМАТА С ГРУНТОВЫМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ И ПОСЕВОМ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ 75

ЗАХАРОВ Д.П. ТЕХНИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ТЕРМОЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРОВ НА ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТАХ..... 82

КИЯМОВА Р.Р. ГИБКИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ГЕНЕРАТОРЫ..... 90

МАРТЫНОВ А.А. ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ 94

УДК 004.021

Аксенов Олег Романович
Aksenov Oleg Romanovich

Студент
Student

Михайлова Ольга Владимировна
Mikhailova Olga Vladimirovna

Кандидат технических наук
Candidate of Technical Sciences

Доцент
Docent

Сибирский государственный индустриальный университет
Siberian State Industrial University
Новокузнецк, Россия
Novokuznetsk, Russia

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ПЛАНИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ

RESEARCH OF MOTION PLANNING ALGORITHMS FOR MOBILE ROBOTS

Аннотация: В данной статье проведено сравнение различных типов алгоритмов планирования движения мобильных роботов, таких как алгоритм Дейкстры, алгоритм A*, волновой алгоритм и метод градиентного спуска. Эти алгоритмы позволяют оптимизировать маршруты движения роботов, повышать эффективность выполнения задач и уменьшать риск повреждения оборудования.

Abstract: This article compares various types of algorithms for planning the movement of mobile robots, such as the Dijkstra algorithm, the A* algorithm, the wave algorithm and the gradient descent method. These algorithms allow you to optimize robot movement routes, increase the efficiency of tasks and reduce the risk of damage to equipment.

Ключевые слова: робототехника, мобильные роботы, алгоритмы планирования движения.

Key words: robotics, mobile robots, motion planning algorithms.

Мобильная робототехника — это область робототехники, которая занимается проектированием, разработкой и управлением

движущихся роботов. Мобильные роботы используются во многих сферах: производстве; медицине; при автоматизации складов, транспортировке продукции и т.д.

Для эффективной работы мобильных роботов необходимы алгоритмы планирования движения. Эти алгоритмы определяют оптимальный путь, который мобильный робот должен пройти, чтобы достигнуть целевой точки с минимальными затратами по времени и энергии.

Основные типы алгоритмов планирования движения для мобильных роботов перечислены в табл. 1.

Таблица 1. Типы алгоритмов планирования движения для мобильных роботов

№	Тип алгоритма	Описание
1	Прямолинейный	Прямолинейный алгоритм позволяет мобильному роботу перемещаться по прямой линии от начальной до конечной точки.
2	Волновой	Волновой алгоритм используется для планирования движения в лабиринте. Робот обходит препятствия, следуя волнам.
3	Алгоритм A*	Алгоритм A* находит оптимальный путь в графе на основе оценки расстояния от текущей точки до конечной точки.
4	Алгоритм Дейкстры	Алгоритм Дейкстры находит путь с наименьшим расстоянием от начальной до конечной точки в графе.
5	Метод градиентного спуска	Метод градиентного спуска используется для планирования движения в пространстве с неровной поверхностью. Робот следует пути, определяемому градиентом функции.

Прямолинейный алгоритм планирования движения для мобильных роботов является одним из простых и эффективных подходов для достижения заданной цели. Он позволяет роботу двигаться в направлении цели по прямой линии без учета препятствий. Прямолинейный алгоритм можно реализовать на разных уровнях управления мобильным роботом, включая высокоуровневое планирование пути и низкоуровневое управление движением. [1]

Волновой алгоритм — это алгоритм поиска пути, используемый в робототехнике и компьютерных играх для нахождения оптимального пути от начальной точки до целевой точки в сетке или графе с некоторыми препятствиями. Принцип работы алгоритма заключается в том, что он ищет путь, который минимизирует количество шагов от начальной точки до целевой точки, двигаясь волнами из начальной точки к целевой. Каждая ячейка сетки помечается номером волны, соответствующим расстоянию от начальной точки. На каждом шаге алгоритм распространяет волны на все соседние ячейки, помечая их следующим номером волны, пока не достигнет целевой точки. [2]

Алгоритм A^* (*A star*) является одним из наиболее распространенных алгоритмов поиска кратчайшего пути в графе, используемых в мобильной робототехнике. Он является комбинацией алгоритмов поиска в ширину и поиска наилучшего сначала (Best-First Search). Алгоритм A^* был предложен в 1968 году Петером Хартом, Нилом Кортлендом и Бертеллом Рафаэлем.

Основная идея алгоритма A^* заключается в том, чтобы расширять сначала те узлы графа, которые наиболее вероятно приведут к целевому узлу. Для этого используется эвристическая функция, оценивающая расстояние от текущего узла до целевого узла. Эта функция позволяет оценить стоимость пути от начального узла до целевого, проходящего через текущий узел.

Алгоритм A^* можно описать следующим образом:

1. Создать два множества: открытый список и закрытый список.
2. Поместить начальный узел в открытый список.
3. Пока открытый список не пустой, повторять следующие шаги:

3.1. Выбрать узел из открытого списка с наименьшей оценкой

$f = g + h$, где g - стоимость пути от начального узла до

текущего, h - эвристическая оценка расстояния от текущего узла до целевого.

3.2. Поместить выбранный узел в закрытый список.

3.3. Для каждого соседнего узла текущего узла:

- Если соседний узел уже находится в закрытом списке, пропустить его.

- Если соседний узел еще не находится в открытом списке, добавить его туда и вычислить для него значения g и h .

- Если соседний узел уже находится в открытом списке, обновить для него значения g и h , если новые значения лучше.

- Если целевой узел добавлен в закрытый список, построить путь от него к начальному узлу, используя информацию из списка родителей. [2]

Алгоритм Дейкстры (Dijkstra's algorithm) – это алгоритм на графах, который позволяет найти кратчайший путь от одной вершины графа до всех остальных вершин. Алгоритм был разработан нидерландским ученым Эдсгером Дейкстрой в 1956 году.

Описание алгоритма:

- Создаем два списка вершин: список посещенных вершин и список непосещенных вершин. Изначально список посещенных вершин пуст, а в список непосещенных вершин добавляем все вершины графа.

- Устанавливаем начальную вершину и присваиваем ей значение 0.

- Для каждой вершины из списка непосещенных вершин вычисляем минимальное расстояние от начальной вершины. Это делается следующим образом: для каждой соседней вершины вычисляем сумму веса ребра, соединяющего эту вершину с текущей, и значения расстояния от начальной вершины до текущей вершины. Если полученное значение меньше текущего значения расстояния до

соседней вершины, то обновляем значение.

- После вычисления минимальных расстояний до всех соседних вершин выбираем из списка непосещенных вершин вершину с минимальным значением расстояния и переносим ее в список посещенных вершин.

- Повторяем шаг 3 и 4 для всех вершин из списка непосещенных вершин.

- После того, как мы посетили все вершины, находим кратчайший путь от начальной вершины до любой другой вершины, проходя по ребрам с минимальными весами. [3]

Метод градиентного спуска — это численный метод оптимизации, который используется для нахождения локального минимума (или максимума) функции. Он основан на итеративном уменьшении значения функции путем изменения вектора параметров с определенным шагом в направлении, противоположном направлению градиента функции в данной точке. [4]

Градиент функции — это вектор, указывающий направление наибольшего возрастания функции в данной точке. Поэтому изменение параметров в направлении, противоположном градиенту, должно привести к уменьшению значения функции. [5]

Алгоритм градиентного спуска выглядит следующим образом:

- Инициализировать вектор параметров x .
- Вычислить градиент функции f в точке x .
- Изменить вектор параметров в направлении, противоположном градиенту, на определенный шаг α .

- Повторять шаги 2-3 до тех пор, пока значение функции не станет достаточно малым или не будет достигнут лимит числа итераций.

Сравнение типов алгоритмов планирования движения для мобильных роботов может быть проведено по следующим критериям:

1. Полнота покрытия области:

- Волновой алгоритм - обеспечивает полное покрытие всей области, но может потребовать большого объема вычислений, если препятствия слишком плотно расположены.

- A^* - обеспечивает оптимальный путь до цели, но может сходиться в локальный минимум и не достичь цели.

- Прямолинейный алгоритм - быстрый, но не обеспечивает полное покрытие всей области.

2. Вычислительная сложность:

- Волновой алгоритм - требует больших вычислительных мощностей и памяти при больших размерах области.

- A^* - имеет более сложный алгоритм, но может работать более эффективно при правильном выборе эвристической функции.

- Прямолинейный алгоритм - имеет самую низкую вычислительную сложность.

3. Сложность реализации:

- Волновой алгоритм - легко реализуется и не требует большого количества опыта в программировании.

- A^* - требует более сложной реализации и правильного выбора эвристической функции.

- Прямолинейный алгоритм - легко реализуется и может использоваться как простейший метод планирования движения.

4. Применимость к конкретным задачам:

- Волновой алгоритм - хорошо подходит для задач полного покрытия области, но может не быть оптимальным при необходимости достижения конкретной цели.

- A^* - хорошо подходит для задач достижения конкретной цели, но может быть менее эффективным при полном покрытии области.

- Прямолинейный алгоритм - хорошо подходит для простых задач планирования движения.

Таким образом, каждый из алгоритмов имеет свои достоинства и недостатки, и выбор конкретного метода зависит от поставленной задачи и условий ее выполнения.

Одним из наиболее популярных является алгоритм A*. Он используется для нахождения кратчайшего пути между двумя точками на карте, учитывая препятствия и другие ограничения. Алгоритм A* имеет высокую скорость работы и хорошо подходит для задач навигации мобильных роботов.

Метод градиентного спуска используется для оптимизации траектории движения робота с учетом заданных ограничений. Он может быть применен для решения задачи оптимального управления, а также для планирования движения в пространстве с ограниченной доступностью.

Волновой алгоритм используется для планирования маршрута движения робота в непрерывной среде с препятствиями. [6] Является достаточно простым в реализации и хорошо подходит для решения задач, связанных с перемещением робота в неизвестной среде.

В целом, алгоритмы планирования движения являются одной из важных областей мобильной робототехники и постоянно развиваются. Новые алгоритмы и методы планирования движения появляются с развитием технологий, таких как искусственный интеллект и машинное обучение. Использование современных алгоритмов планирования движения позволяет мобильным роботам работать более эффективно и точно выполнять поставленные задачи.

Библиографический список:

1. The Path Planning of Mobile Robot by Neural Networks and Hierarchical Reinforcement Learning. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnbot.2020.00063/full>

2. Реализация алгоритма A * для планирования пути. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://skine.ru/articles/400627/>
3. Алгоритм Дейкстры. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://blog.skillfactory.ru/glossary/algorithm-dejkstry/>
4. Метод градиентного спуска. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dmitrymakarov.ru/opt/gradient-02/>
5. Математика для искусственных нейронных сетей для новичков, часть 2 — градиентный спуск. Источник: <https://habr.com/ru/articles/307312/>
6. Обход препятствий: волновой алгоритм (Алгоритм Ли). Источник: <https://suvitruf.ru/2012/05/13/1176/volnovo-j-algorithm-algorithm-li/>

© О.Р. Аксёнов, О.В. Михайлова, 2023

Научное издание

**АКТУАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИННОВАЦИИ В НАУКЕ
И ТЕХНИКЕ**

Сборник статей

X Международной научно-практической конференции

Статьи публикуются в авторской редакции
после рецензирования и с учетом рекомендаций редколлегии.

Международный научно-издательский центр
«Твоя наука»