

# Обзор методов управления трехзвенным манипулятором

Сайфуллин Динислам R3143 Бахтаиров Роман R3143

6 мая 2024 г.

## Аннотация

В данной работе проведён анализ современных методов управления трехзвенным роботом-манипулятором. Основное внимание уделено исследованию алгоритмов траекторного управления, решения прямой и обратной задачи кинематики. Работа представляет собой обзор ключевых научных статей, посвящённых разработке и оптимизации систем управления для повышения точности и эффективности работы манипуляторов.

**Ключевые слова:** робот-манипулятор, управление манипулятором, кинематика, алгоритмы управления.

## 1 Введение

Трёхзвенные манипуляторы находят широкое применение в промышленности и научных исследованиях благодаря своей гибкости и способности выполнять комплексные задачи. Настоящий обзор посвящён анализу методов управления такими манипуляторами. Особое внимание уделено изучению алгоритмов траекторного управления, которые играют ключевую роль в повышении точности и надёжности работы роботов.

## 2 Основная часть

### 2.1 Методология

Анализируемые исследования включают использование различных методик для решения прямой и обратной задач кинематики, что является

фундаментальным для понимания и контроля движения манипулятора. Применялись как классические подходы, так и новаторские методы, включая нейросетевые алгоритмы и методы оптимизации. Рассмотрим поподробнее:

#### **2.1.1 Статья 1. Исследование алгоритмов траекторного управления роботом манипулятором**

В статье проводится сравнительный анализ четырех схем траекторного управления: трех ПД-регуляторов и одного алгоритма на основе скользящего режима. Для анализа используется имитационная модель трехзвенного робота-манипулятора в среде MATLAB Simulink, позволяющая моделировать работу схем управления с учетом параметрических и сигнальных возмущений.

#### **2.1.2 Статья 2. Решение обратной задачи кинематики для манипуляционного робота методом штрафных функций**

В статье авторы используют метод штрафных функций для решения обратной задачи кинематики многозвенного манипулятора. Этот метод преобразует проблему управления в задачу оптимизации, включая в целевую функцию штраф за отклонение конечного звена робота от желаемого положения в пространстве. Оптимизация производится с помощью градиентного метода, который минимизирует расширенный критерий, состоящий из исходной целевой функции и добавленных штрафных функций. Решение имплементировано в MATLAB, где проведены численные эксперименты для проверки эффективности метода.

#### **2.1.3 Статья 3. Методы управления положением рабочего органа промышленного робота манипулятора**

Авторы описывают разработку математических моделей и алгоритмов для точного управления положением рабочего органа робота-манипулятора. Исследование включает анализ различных схем управления, в том числе использование ПИД-регуляторов и адаптивных систем управления. Особое внимание уделяется влиянию внешних возмущений и динамических изменений параметров системы на точность позиционирования рабочего органа.

#### **2.1.4 Статья 4. Метод и программа решения прямой и обратной задачи кинематики для управления роботом-манипулятором**

Авторы разработали и описали алгоритм для определения обобщённых координат робота и координат объектов в пространстве. Основной метод решения прямой задачи кинематики включает последовательные вычисления координат каждого звена, начиная с базы до центра захвата, используя определённые правила для разных типов движений звеньев. Для решения обратной задачи кинематики предлагается составление системы кинематических уравнений и их решение численным методом для каждого звена с заданной точностью.

#### **2.1.5 Статья 5. Методы управления робототехническими приложениями**

Авторы сфокусировались на комплексном подходе к управлению роботами, включая анализ кинематики, планирование движения и управление движением. Методы кинематического анализа описывают как прямую, так и обратную задачи кинематики. В планировании движения рассмотрены методы декомпозиции на ячейки, потенциального поля и вероятностной дорожной карты. В управлении движением изложены техники одномерного и многомерного управления с использованием различных регуляторов и насыщения входного сигнала.

#### **2.1.6 Статья 6. Решение прямой задачи кинематики для трехзвенного робота-манипулятора**

Авторы статьи фокусируются на анализе и решении прямой задачи кинематики для трехзвенного робота-манипулятора. В работе используется метод Денавита-Хартенберга, который позволяет систематически вычислять положение рабочего органа робота на основе заданных параметров каждого звена. Методика включает определение систем координат для каждого звена, вычисление параметров Денавита-Хартенберга и использование матриц преобразования для нахождения координат рабочего органа.

### **2.2 Результаты**

Исследования показали, что применение современных алгоритмов управления позволяет значительно улучшить точность следования заданной траектории. Были разработаны программные пакеты, позволяющие упро-

стить процесс настройки параметров манипуляторов для конкретных задач.

### **2.2.1 Используемые методы и их эффективность**

1. **Алгоритмы траекторного управления:** Включают ПД-регуляторы и алгоритмы на основе скользящего режима, с акцентом на адаптивность к изменяющимся параметрам системы.
2. **Решение кинематических задач:** Применение метода Денавита-Хартенберга для аналитического и численного решения прямой и обратной задач кинематики.
3. **Программное обеспечение для решения кинематики:** Разработка и реализация программных решений для автоматизации расчётов положений и ориентации робота.
4. **Комплексный подход к управлению движением:** Использование одномерного и многомерного управления, включая робастные методы и методы насыщения сигнала.
5. **Техническое зрение для управления положением рабочего органа:** Интеграция систем технического зрения для повышения точности и адаптивности робототехнических систем.

Эффективность этих методов подтверждается их способностью обеспечивать точное и надёжное управление манипуляторами, адаптируясь к динамическим изменениям в окружающей среде и конструкции роботов.

### **2.2.2 Результаты исследований**

1. **Точность и стабильность управления:** Методы траекторного управления показали высокую точность в слежении за заданными траекториями, особенно в условиях динамических возмущений.
2. **Решение кинематических задач:** Успешное применение метода Денавита-Хартенберга обеспечило точное определение положений и ориентаций звеньев манипуляторов.
3. **Автоматизация процессов управления:** Разработанное программное обеспечение значительно упростило процесс решения задач кинематики и управления, сократив время и увеличив ошибочность.

4. **Эффективность многомерного управления:** Подходы к многомерному управлению продемонстрировали улучшенную стабильность и точность в сложных условиях эксплуатации.
5. **Точность позиционирования с помощью технического зрения:** Интеграция систем технического зрения значительно улучшила точность позиционирования и снизила количество брака на производстве.

### 3 Выводы и дальнейшие исследования

На основе проведенных исследований можно сделать вывод, что дальнейшее развитие этих методов должно сосредоточиться на улучшении их адаптивности и устойчивости к внешним возмущениям, интеграции с продвинутыми технологиями обработки данных и машинного обучения для повышения их интеллектуальных возможностей. Исследования могли бы также изучить влияние различных типов возмущений на точность и надежность систем управления, а также разработку новых алгоритмов, способных динамически адаптироваться к изменяющимся условиям окружающей среды и операционным параметрам.

### 4 Список литературы

#### Список литературы

- [1] Василенко И. В., Ведякова А. О. Исследование алгоритмов траекторного управления роботом манипулятором //Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2022. – Т. 18. – №. 1. – С. 62-71.
- [2] Синяева Д. А., Витлев К. А., Михайлов М. О. МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЕМ РАБОЧЕГО ОРГАНА ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА МАНИПУЛЯТОРА //Математические методы и модели техники, технологий и экономики. – 2022. – С. 114.
- [3] Колтыгин Д. С., Седельников И. А. Метод и программа решения прямой и обратной задачи кинематики для управления роботом-манипулятором //Системы. Методы. Технологии. – 2020. – №. 4. – С. 65-74.

- [4] Борисов О. И., Громов В. С., Пыркин А. А. Методы управления робототехническими приложениями //Учеб. пособ., СПб.: Университет ИТМО. – 2016.
- [5] Котов Г. А., Денисов М. С., Петухова С. М. РЕШЕНИЕ ПРЯМОЙ ЗАДАЧИ КИНЕМАТИКИ ДЛЯ ТРЕХЗВЕННОГО РОБОТА-МАНИПУЛЯТОРА //Перспективные научные исследования: опыт, проблемы и перспективы развития. – 2022. – С. 54-60.
- [6] Оськин Д. А., Дыда А. А. Решение обратной задачи кинематики для манипуляционного робота методом штрафных функций //Фундаментальные исследования. – 2015. – №. 11-4. – С. 673-677.