

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи



Галемов Руслан Тахирович

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ РОБОТАМИ МАНИПУЛЯТОРАМИ**

05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации

Научный доклад об основных результатах
подготовленной
научно-квалификационной работы

Аннотация



Научный руководитель:
кандидат технических наук,
профессор Масальский Г.Б.

Красноярск – 2018

Автор работы: Галемов Руслан Тахирович

Тема работы: «Разработка и исследование адаптивных систем управления роботами манипуляторами»

Актуальность работы: Промышленные манипуляторы имеют широкое применение в современной промышленности, снижая стоимость производства, увеличивая точность, качество, производительность и эффективность. Управление роботом-манипулятором связано с такими сложностями как сильная нелинейность, взаимосвязанность и нестационарность, которая появляется вследствие изменения моментов инерции во время движения, изменения массы груза в рабочем органе и изменения связанные с трением в механизмах. Кроме того постоянно присутствуют неопределенности в модели динамики системы. Эти неопределенности приводят к ухудшению производительности системы управления манипулятором.

Другой проблемой при решении задачи управления роботом является движущаяся, относительно основания робота, цель. Цель может двигаться на конвейере относительно неподвижного робота или быть неподвижной относительно мобильного манипулятора. Для решения этой проблемы требуется эффективный метод решения обратной задачи кинематики.

Цель работы: Разработка адаптивной системы управления многозвенным манипулятором, способной обеспечить высокое качество управления в условиях изменения массы груза и движения цели.

Для решения указанной проблемы сформулированы следующие задачи:

- 1) разработка алгоритма для синтеза траектории манипулятора в условиях движущейся цели;
- 2) разработка адаптивного регулятора для работы при постоянной массе в рабочем органе;
- 3) разработка адаптивного регулятора для работы в условиях переменной массы в рабочем органе;
- 4) произвести экспериментальные исследования на моделях многозвенных манипуляторов.

Научная новизна.

Разработан алгоритм решения обратной задачи кинематики многозвенного манипулятора комбинированным поисковым методом.

Разработаны теоретические аспекты алгоритма компенсации знакопеременного дрейфа, в процессе поиска использующего оценки смещения поверхности целевой функции.

Разработан метод решения обратной задачи кинематики многозвенного манипулятора в условиях движущейся цели использующий оценки дрейфа целевой функции в комбинированном поисковом методе.

Разработаны алгоритмы адаптации ПИД-регулятора для управления роботом-манипулятором отличающиеся адаптацией параметров в процессе работы с использованием симплексного поиска.

Разработан метод адаптации и выбора регуляторов в системе управления с несколькими регуляторами отличающийся отсутствием моделей объекта управления для адаптации и выбора регулятора.

Теоретическая ценность.

Теоретическая ценность состоит в: разработке алгоритмов адаптации параметров регулятора в процессе работы без использования модели объекта управления; использовании экстремального регулятора для решения обратной задачи кинематики при условии движущейся цели. Использование моделируемого задающего воздействия для настройки и выбора регуляторов.

Практическая ценность.

Полученные результаты исследования могут использоваться в научном и учебном процессе при подготовке и чтении курсов по адаптивным системам и управлению роботами. Кроме того, результаты могут быть реализованы в системах управления на базе программируемых логических контроллеров.

Основные защищаемые положения.

- 1) модификация целевой функции методов прямого поиска при знакопеременном дрейфе;
- 2) метод решения обратной задачи кинематики в условиях движущейся цели с помощью комбинированного поискового метода;
- 3) алгоритмы адаптации и выбора ПИД регуляторов с помощью симплексного инвариантного метода.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.

Тема НКР соответствует области исследования «Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации» специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации.

Публикации.

За период обучения было опубликовано 7 работ по теме работы, в т.ч. 2 шт. в рецензируемых научных изданиях рекомендованных ВАК; в т.ч. в изданиях, входящих в систему РИНЦ 4 шт.

Галемов Р.Т. Адаптивная система управления манипулятором Тур–10к на основе ассоциативной памяти // Роль инноваций в трансформации современной науки: сборник статей Международной научно-практической конференции (15 января 2016г., г. Тюмень)./ в 3 ч. Ч.2 – Уфа: АЭТЕРНА, 2016. – 188 с.

Галемов Р.Т. Управление манипулятором в пространстве состояний // Научные преобразования в эпоху глобализации: сборник статей Международной научно-практической конференции (20 мая 2016г., г. Курган)./ в 4 ч. Ч.3 – Уфа: АЭТЕРНА, 2016. – 276 с.

Галемов Р.Т. Выбор структуры регулятора для адаптации симплексным инвариантным методом // Мехатроника, автоматика и робототехника: Материалы международной научно-практической конференции. – Новокузнецк: НИЦ МС, 2017. – №1. – 153 с.

Галемов Р.Т., Масальский Г.Б. Сравнительный анализ методов адаптации параметров регулятора системы управления робота-манипулятора // Журнал

сибирского федерального университета. Техника и технология. – 2017. – Т. 10. – №. 4. – С. 508.

Галемов Р.Т. Адаптация пид-регулятора поисковым методом // Интеллектуальные энергосистемы: сб. тр. V Международного молодёжного форума. – Томск, 2017. – Т. 2. – С. 102-106.

Галемов Р.Т., Масальский Г.Б. Планирование траектории манипулятора для движущейся цели // Кибернетика и программирование. – 2018. – № 2. – С. 9 - 28. DOI: 10.25136/2306-4196.2018.2.25478 URL: http://e-notabene.ru/kp/article_25478.html

Галемов Р.Т. Компенсация дрейфа целевой функции при слежении манипулятором за целью // Научный потенциал молодежи и технический прогресс: Материалы I международной научно-практической конференции. – Санкт-Петербург: СПбФ НИЦ МС, 2018. – 166 с.

Апробация работы.

Результаты работы докладывались на 6 конференциях, среди которых:

Роль инноваций в трансформации современной науки (Уфа, 2016); Научные преобразования в эпоху глобализации (Уфа, 2016); Мехатроника, автоматика и робототехника (Новокузнецк, 2017); Интеллектуальные энергосистемы (Томск, 2017); Научный потенциал молодежи и технический прогресс (Санкт-Петербург, 2018); Проспект Свободный 2018 (Красноярск 2018).

Структура и объем работы.

Работа содержит 151 страниц текстового документа, 1 приложение, 73 рисунка, 25 таблиц, 117 использованных источников.

Во введении описана проблематика управления манипулятором

В первой главе проводится анализ наиболее распространенных подходов адаптивного управления манипуляторами, которые предложены российскими и иностранными учеными.

Во второй главе был разработан алгоритм для решения обратной задачи кинематики в условиях движущейся цели.

В третьей главе разработаны адаптивные регуляторы на основе симплексного поиска. Проведены эксперименты на динамической модели двухзвенного манипулятора.

В четвертой главе представлены способы настройки и выбора неактивных регуляторов.

В заключении сделаны выводы о разработанных методах и алгоритмах.

Основные выводы.

1) Разработан подход к синтезу адаптивных, в реальном времени, регуляторов для роботов манипуляторов, основанный на симплексном поиске, с оптимизацией по набору параметров регулятора и по дополнительному управляющему воздействию. Получившиеся системы демонстрируют улучшение эффективности управления, чем классический ПИД-регулятор.

2) Разработана модификация алгоритмов прямого поиска для работы в условиях знакопеременного дрейфа, основанная на численном

интегрировании оценок скорости дрейфа, получаемых на основе изменения целевой функции в одной точке или в двух близкорасположенных точках пространства поиска. Эта модификация позволяет поисковым алгоритмам успешно двигаться к оптимуму при скорости дрейфа, превышающей полезный сигнал.

3) Разработан метод решения обратной задачи кинематики многозвенного манипулятора, в форме задачи оптимизации, на основе комбинированного поискового метода. Комбинированный алгоритм является сочетанием двух алгоритмов прямого поиска: генетического алгоритма и алгоритма Нелдера-Мида. Метод показал высокую скорость и точность решения обратной задачи кинематики по сравнению с простым генетическим алгоритмом и отсутствием проблем с нахождением решения, как у локального поиска, благодаря качествам составляющего его поисковых алгоритмов.

4) Разработан метод планирования траектории за движущейся целью, на основе решения обратной задачи кинематики с дрейфом целевой функции. Метод универсален по отношению к конструкции манипулятора и позволяет получать гладкие траектории обобщенных координат с учетом позиционных ограничений и ориентации рабочего органа манипулятора.