

УДК 681.51

Разработка и исследование алгоритма автоматизированного управления интеллектуальной системой захватного устройства робота-манипулятора

Кочешков Максим Александрович^(*) kocheshkovma@bmstu.ru

Цибизова Татьяна Юрьевна

mumc@bmstu.ru

Горячев Валентин Сергеевич

goryachevvs@student.bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Работа посвящена разработке когнитивной модели автоматизированного управления захватным устройством робота-манипулятора. Рассмотрены четыре основных вида управления: цикловое, позиционное, контурное, адаптивное. Предложен алгоритм работы роботизированной системы, заключающийся в получении визуальной информации системой технического зрения, сравнении полученной информации, с данными содержащимися в базе знаний, определении типа объекта и необходимого усилия сжатия. Сделан вывод о том, что интеллектуальная система управления захватным устройством, основанная на когнитивном моделировании, позволяет повысить эффективность и надежность работы робота-манипулятора.

Ключевые слова: робот-манипулятор, автоматизированное управление, интеллектуальная система, захватное устройство, адаптивное управление

Development and research of an algorithm for automated control of the intelligent gripping device system of a robotic arm

Maxim Alexandrovich Kocheshkov^(*)

kocheshkovma@bmstu.ru

Tsibizova Tatiana Yurievna

mumc@bmstu.ru

Goryachev, Valentin Sergeevich

goryachevvs@student.bmstu.ru

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Abstract. The work is devoted to the development of a cognitive model of automated control of the gripping device of a robotic arm. Four main types of control are considered: cyclic, positional, contour, adaptive. An algorithm for the operation of a robotic system is proposed, which consists in obtaining visual information by a vision system, comparing the information received with the data contained in the knowledge base, determining the type of object and the required compression force. It is concluded that the intelligent control system of the gripping device, based on cognitive modeling, makes it possible to increase the efficiency and reliability of the robot arm.

Keywords: robot manipulator, automated control, intelligent system, gripping device, adaptive control

Введение. В современной промышленности огромное значение имеют роботизированные системы производства, позволяющие повысить качество выпускаемой продукции/выполняемой работы, минимизировать человеческий фактор, что особенно важно на опасных и вредных производствах.

Разработка систем управления многозвенными роботами манипуляторами является одним из важных аспектов современной теории автоматического управления. Это объясняется высоким спросом на подобные системы со стороны промышленности [1].

Данная работа направлена на исследование алгоритма автоматизированного управления интеллектуальной системы робота манипулятора.

Целью исследования является разработка когнитивной модели, которая позволит автоматизировать управление захватным устройством робота-манипулятора и обеспечить его эффективное взаимодействие с окружающей средой.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить существующие подходы к управлению захватными устройствами роботов-манипуляторов;
- разработать когнитивную модель, которая будет учитывать особенности восприятия, обработки информации и принятия решений интеллектуальной системой;
- исследовать эффективность предложенной модели.

Материалы и методы. Рассмотрим способы управления одним из наиболее multifunctional и распространенных типов промышленных роботизированных систем — роботом манипулятором.

Одним из ключевых элементов робота-манипулятора является захватное устройство, которое обеспечивает взаимодействие робота с окружающей средой. Эффективность работы робота-манипулятора во многом зависит от качества и точности управления захватным устройством.

Существует три основных вида управления: цикловое, позиционное, контурное. При цикловом управлении программой задается последовательность выполняемых движений, а также условия их начала и окончания. Крайняя точка, до которой идет движение, определяется самим манипулятором, а не задается в программе. Скорость выполнения движений определяется параметрами сервоприводов и также не задается в программе. При позиционном управлении команды подаются так, что перемещение «руки» манипулятора происходит от одной точки к другой, причем положения этих точек задаются программой. Скорость выполнения движений определяется параметрами сервоприводов и не задается в программе. Иначе дела обстоят при контурном управлении, движение «руки» происходит по заданной траектории с заданной скоростью. В программе задается траектория, скорость и режимы движения. Контурное управление применяется в тех технологических процессах, где требуется высокая точность работы [2].

К особому виду управления можно отнести адаптивное управление, при котором может осуществляться автоматическое изменение управляющей программы, при поступлении информации с внешних датчиков, которые

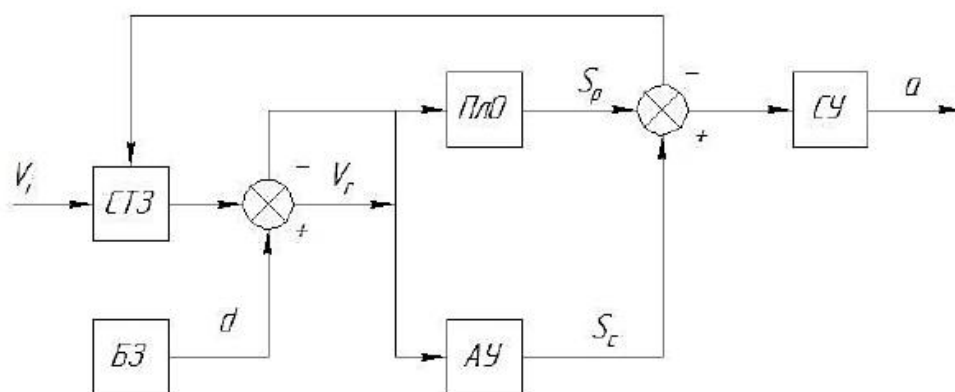
определяют конфигурацию робота и его положение в пространстве. Объектом управления является манипулятор и его устройство передвижения, если оно имеется. Все остальное оборудование предназначено для формирования и выдачи управляющих сигналов для манипулятора. Таким образом, устройство управления получает команды от программы или сигналы от датчиков и формирует управляющие сигналы на сервоприводы манипулятора [2].

Также существует режим ручного управления с помощью пульта. Оператор с помощью пульта ручного управления может управлять передвижением манипулятора, осуществлять ввод программ, настройку. На пульт управления поступает информация о выполнении движений, а также о возможных нарушениях режимов работы и об ошибках [2].

Результаты. Для начала определим, что под автоматизированным управлением интеллектуальной системой робота принимается модель системы управления, в которой роботизированная система самостоятельно принимает решения о производстве тех или иных действий, основываясь на информации полученной через систему технического зрения, датчиков усилий (тензодатчиков), а также из имеющейся базы знаний, загруженной в память робота [3]. В данной модели управления человек-оператор выполняет функцию контролера, в чьи задачи входит подтверждение или отклонение передачи команды управления на систему захвата манипулятора.

Принцип работы роботизированной системы заключается в получении визуальной информации системой технического зрения, сравнении полученной информации, с данными содержащимися в базе знаний, определении типа объекта и необходимого усилия сжатия [4]. Обработанная информация поступает на пульт оператора и в блок управления. Блок управления вырабатывает сигнал управления, содержащий необходимое усилие сжатия и траекторию перемещения, но без подтверждения от оператора сигнал в систему управления манипулятором не поступает.

Описанный алгоритм представим в виде структурной схемы (см. рисунок).



Структурная схема:

СТЗ — система технического зрения; БЗ — база знаний; ПЛО — пульт оператора; АУ — алгоритм управления; СУ — система управления; V_i — визуальная информация, получаемая камерой; V_r — визуальная информация, распознанная СТЗ и определенная БЗ; S_p — сигнал подтверждения, получаемый от оператора; S_c — сигнал управления для системы захвата манипулятора; d — данные хранящиеся в БЗ; a — управляющее воздействие

Как видно из представленной схемы, при отсутствии распознанной СТЗ и БЗ визуальной информации, изображение все равно поступает на пульт оператора для дополнительного контроля и исключения ошибок в распознавании искомого объекта. Также при решении оператора об отклонении передачи сигнала управления манипулятора, система возвращается в исходное состояние поиска и распознавания.

Обсуждение полученных результатов. Не менее важную роль играет исследование когнитивной модели взаимодействия оператора и алгоритма управления [5, 6]. Когнитивная модель представляет собой формализованное описание процессов восприятия, обработки информации и принятия решений в интеллектуальной системе [7].

Исследование существующих подходов к управлению захватными устройствами роботов-манипуляторов охватывает различные методы и технологии, используемые для захвата, удержания и манипулирования объектами. Основные направления включают:

- **кинематические методы:** анализ и оптимизация траекторий движения захватных устройств для точного позиционирования и захвата объектов;

- **силовые методы:** разработка алгоритмов управления, которые учитывают силы, действующие на захватное устройство и объект, для обеспечения надежного захвата и предотвращения повреждений;

- **обратное управление:** использование датчиков и обратной связи для корректировки движений захватного устройства в реальном времени на основе информации о состоянии объекта и окружающей среды;

- **интеллектуальные методы:** применение методов машинного обучения и искусственного интеллекта для адаптивного управления захватными устройствами, учитывая изменяющиеся условия и свойства объектов;

- **бионические подходы:** вдохновение из природы для создания захватных устройств, которые могут имитировать движения и силы живых организмов, таких как клешни краба или щупальца осьминога;

- **эргономические и безопасные методы:** разработка систем, которые минимизируют риск травм для операторов и окружающих, обеспечивая удобство и безопасность использования захватных устройств.

Эти подходы постоянно развиваются и совершенствуются, что позволяет создавать все более эффективные и многофункциональные захватные устройства для различных областей применения, включая промышленность, медицину и бытовую робототехнику.

Когнитивная модель захватного устройства представляет собой граф, вершины которого соответствуют следующим элементам системы:

- захватное устройство;
- объект;
- окружающая среда.

Ребра графа отражают следующие связи между элементами:

- влияние захватного устройства на объект;
- влияние объекта на окружающую среду;
- влияние окружающей среды на захватное устройство.

Веса ребер могут быть определены на основе экспертных оценок или с помощью алгоритмов машинного обучения.

Заключение. Интеллектуальная система управления захватным устройством, основанная на когнитивном моделировании, позволяет повысить эффективность и надежность работы робота-манипулятора. Такой подход позволяет учесть множество факторов, влияющих на работу системы, и создать систему, способную адаптироваться к изменяющимся условиям. Дальнейшее развитие этого подхода может привести к созданию более совершенных и универсальных систем управления захватными устройствами.

Список источников

- [1] Захаров Д.Н., Куровский Д.М., Ракшин Е.А., Борисов О.И., Громов В.С., Колюбин С.А. *Моделирование и управление движением роботов*. Санкт-Петербург, Университет ИТМО, 2023, 84 с.
- [2] Меньшин Д.А., Сивков В.С. Системы управления промышленным роботом-манипулятором. *Научный лидер*, 2021, № 10 (12), с. 19–21.
- [3] Кочешков М.А., Цибизова Т.Ю. Использование рядов Вольтерра для оценки и идентификации интеллектуализированных систем управления. *Будущее машиностроения России. IX Всерос. конф. молодых ученых и специалистов: сб. докл.* Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016, с. 829–833.
- [4] Малахов Н.А., Цибизова Т.Ю. Аналитическое конструирование управления в краевых задачах. Практическое использование. *Перспективы науки*, 2019, № 12, с. 55–61.
- [5] Панилов П.А., Цибизова Т.Ю., Кочешков М.А. Развитие алгоритмов когнитивного моделирования для оптимизации принятия решений в системах управления космическими комплексами. *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*, 2024, № 6, с. 65–80.
- [6] Цибизова Т.Ю., Панилов П.А. *Когнитивное моделирование и системный анализ высокоинтеллектуальных систем*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2025, 115 с.
- [7] Панилов П.А., Цибизова Т.Ю., Ушаков К.Е. Разработка алгоритма экспертно-когнитивного анализа высокоинтеллектуальной системы. *Будущее машиностроения России. XVI Всерос. конф. молодых ученых и специалистов: сб. докл.* Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2024, т. 2, с. 197–201.