

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Доктора технических наук, профессора кафедры «Прикладные информационные технологии» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» Глазкова Виктора Петровича на диссертационную работу Эраки Мохаммед Тахер Хамед на тему «Автоматизированная система управления технологическим манипулятором для розлива и маркировки пищевых продуктов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в пищевой промышленности).

Актуальность диссертационного исследования

Диссертационная работа М.Т.Х. Эраки посвящена повышению эффективности работы пищевого предприятия за счёт создания и использования автоматизированной системы управления технологическим манипулятором с несколькими степенями свободы на основе имитационной модели. В пищевой промышленности актуальна необходимость снижения себестоимости при гарантированном соответствии качества готовой продукции действующим нормативам. Повышение эффективности производственной деятельности предприятия с одновременным снижением себестоимости невозможно без достижения высокого уровня автоматизации производства, позволяющего переложить многочисленные рутинные операции на автоматические и автоматизированные системы, снизив долю низкоквалифицированного труда, и реализующие наиболее эффективные режимы управления. Практика последних десятилетий убедительно показала, что использование технологических роботов-манипуляторов, обеспечивающих работу систем автоматизации и управления, обоснованы как на вновь создаваемых промышленных предприятиях, так и на уже существующих.

Исходя из изложенного выше, следует признать, что тема и направление исследований диссертационной работы «Автоматизированная система управления технологическим манипулятором для розлива и маркировки пищевых продуктов» являются актуальными и востребованными для пищевых производств, имеют важное практическое значение, тема диссертационной работы относится к актуальным научно-техническим задачам специальности 05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в пищевой промышленности)».

Содержание диссертационного исследования

Диссертационная работа М.Т.Х. Эраки состоит из введения, четырех глав, списка использованной литературы, включающего 121 наименование и приложений. Объем диссертационной работы 120 страниц, работа содержит 84 рисунка-иллюстрации, 14 таблиц и четырех приложений.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель и задачи исследования, выделены объект и предмет исследования, указаны методы исследования, сформулирована научная новизна и практическая значимость исследования, приведены основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена литературному обзору работ по математическому моделированию кинематики и динамики машин и агрегатов в производственных линиях, системам автоматизированного и автоматического управления роботами-манипуляторами, достижениям систем искусственного интеллекта для управления движущимися управляющими органами различных производств. Представлен серьезный обзор как теоретических исследований, так и практических решений, описаны недостатки используемых в настоящее время методов автоматизированных систем управления на предприятиях пищевой промышленности в отрасли. Указано, что общепринятым подходом для решения ряда задач проектирования и управления системами управления роботами-манипуляторами является декомпозиция исходной задачи на кинематическую и динамическую задачи, для решения каждой из которых применяются различные методы. По результатам литературного обзора был сделан вывод, что для ряда часто используемых на практике типов роботов можно синтезировать методы управления, обеспечивающие, за счёт отказа от универсальности, снижение вычислительной сложности и повышение точности позиционирования и быстродействия системы управления.

Вторая глава посвящена использованию и реализации «геометрического» подхода для решения возникающих при управлении технологическим манипулятором прямой и обратной задач кинематики. В главе представлены (в том числе в виде графических иллюстраций) информационные модели, разработанные автором для системы управления траекториями роботов-манипуляторов пищевого производства. Предложено для расчёта кинематики вместо универсального алгоритма (метод Денавита-Хартенберга) использовать набор простых тригонометрических выражений, вызываемых алгоритмически по условиям конкретных движений, что позволяет сохранить требуемую точность во всём объёме рабочей зоны. Для снижения общих вычислительных затрат создан алгоритм выбора оптимальной траектории из исходного положения манипулятора

в целевое, с учётом отбрасывания заведомо неоптимальных. Для управления манипулятором, поиска оптимальной траектории и взаимодействия с программой-моделью реальности (в среде SolidWorks) использовались программы, созданные в среде LabVIEW с инструментарием NISoftMotion (в качестве контроллера для управления положением модели). Использованное сочетание управляющего (оптимизирующего) модуля, созданного в среде LabVIEW и моделирующего реальность модуля в среде SolidWork, позволило распределить функции и вычислительные ресурсы по разным ЭВМ с сохранением гибкости и производительности системы в целом.

В третьей главе приведены результаты разработки систем адаптивного управления роботами-манипуляторами типов SCARA, PUMA и KUKA с использованием программных пакетов LabVIEW и SolidWorks с учётом реальных физических и технологических ограничений, т.е. решению задач динамики с использованием оптимальных траекторий, полученных во второй главе путём решения обратной задачи кинематики. Представлена работа программного комплекса, реализующего систему адаптивного управления роботом-манипулятором, приведены примеры расчётов характеристик траекторий.

Четвертая глава посвящена интеграции разработанной системы управления технологическим манипулятором с системой технического зрения. Представлена структура программных и аппаратных компонентов системы компьютерного зрения для надежного отслеживания движущихся объектов камерой, установленной на движущемся манипуляторе, что требует учета движения манипулятора, то есть совместной работы системы управления манипулятором и системы машинного зрения. Проведена экспериментальная проверка работы созданной системы машинного зрения. Результаты работы внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет» на кафедре «Аппаратурное оформление и автоматизация технологических производств».

В заключении работы обобщены полученные результаты, сформулированы выводы по диссертационной работе.

Представленные материалы позволяют достаточно полно оценить объём и сложность проведённого исследования.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации.

Список литературы актуален и содержит исчерпывающее количество ссылок на работы исследователей по вопросам, затронутым в диссертации.

Следует отметить, что автор широко использовал литературные источники, индексируемые международными базами цитирования Web of Science и Scopus: из 121 источника 101 принадлежит зарубежным авторам. Автор использовал 15 статей из сборников конференций (преимущественно организованных подразделениями Института инженеров электротехники и электроники — IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers), 17 учебников, 7 монографий, 3 специализированных электронных ресурса, 79 статей в научных журналах.

По основным результатам работы опубликовано 10 печатных работ, 4 из которых в рецензируемых журналах, входящих в список, рекомендованный ВАК, 3 печатных работы опубликованы в изданиях, индексируемых в МБЦ Scopus.

Новизна исследований и полученных результатов

В диссертации был предложен ряд новых оригинальных положений, имеющих важное научное и прикладное значение для анализа и синтеза мехатронных систем для управления роботами-манипуляторами, решения задач распознавания взаимного расположения физических объектов в режиме реального времени и управления исполнительными устройствами на основе предикторных адаптивных моделей, что позволяет снизить затраты энергии и повысить надёжность, безопасность и производительность агрегатов гибких линий пищевых производств. Научная новизна диссертационной работы не вызывает сомнений, поскольку ряд практически значимых и важных научных результатов получен автором впервые. К основным научным результатам работы можно отнести:

– математические модели многозвенных технологических манипуляторов типов PUMA, SCARA, KUKA, обеспечивающие заданную точность позиционирования во всём пространстве рабочей зоны;

– алгоритм управления технологическим манипулятором роботов типов PUMA, SCARA, KUKA, обеспечивающим оптимизацию заданного критерия в условиях ограничений; алгоритм применён для управления манипулятором PUMA 560;

– структура системы управления технологическим манипулятором, обеспечивающая оптимальную траекторию движения манипулятора во всём пространстве рабочей зоны за счёт моделирования с учётом физических свойств манипулятора и используемых объектов.

Решение этого типа задач актуально для современного уровня создания систем управления на предприятиях пищевой промышленности с универсальными манипуляторами типов PUMA, SCARA и KUKA.

Результаты диссертационной работы использованы при создании внедренного (в качестве прототипа) на АО МБПК «ОЧАКОВО» аппаратно-программного комплекса для наклеивания этикеток на готовую продукцию, в диссертации имеется соответствующий акт внедрения.

Теоретические и практические результаты проведённых исследований внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет».

Соответствие результатов заявленной научной специальности

Научные результаты соответствуют следующим пунктам научной специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям)»:

- «п. 1. Автоматизация производства заготовок, изготовления деталей и сборки»;
- «п. 3. методология, научные основы и формализованные методы построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) и производствами (АСУП), а также технической подготовкой производства (АСТПП) и т.д.»;
- «п. 4. теоретические основы и методы математического моделирования организационно-технологических систем и комплексов, функциональных задач и объектов управления и их алгоритмизация»;
- «п. 9. методы эффективной организации и ведения специализированного информационного и программного обеспечения АСУТП, АСУП, АСТПП и др.».

Замечания по диссертационной работе

Однозначно положительно оценивая диссертационную работу, считаю возможным сделать следующие замечания:

1. В первой главе наряду с обширным обзором англоязычных источников, сравнительно слабо представлены работы российских авторов. При подготовке работы стоило бы уделить несколько больше внимания научным работам на русском языке.

2. Из текста работы непонятно, как рассчитывался экономический результат использования разработанного аппаратно-программного комплекса для наклеивания этикеток на готовую продукцию (системы маркировки продукции).

3. Некоторые иллюстрации, в частности рис. 79 на стр. 99 (фрагмент программного кода) малопонятны из-за большого количества мелких, плохо читаемых элементов. Такого рода иллюстрации следовало разместить в большем масштабе в приложениях, дав в тексте соответствующие ссылки.

4. Разработанная автором программа для управления системой роботоманипуляторов описана недостаточно подробно. Следовало бы более тщательно предоставить описание этой разработки именно как программного продукта: указать требования к вычислительным ресурсам, совместимость с операционными системами, уточнить возможности интеграции с существующей программной средой, параметры настройки интерфейса пользователя и т.д.

5. В работе указана возможность использования полученных результатов для манипуляторов, установленных на движущихся платформах-тележках, но не указан алгоритм управления тележками, позволяющий избежать столкновения с препятствиями.

6. В таблице 1 автореферата отсутствует сравнение преимуществ и недостатков программного обеспечения производителей промышленных роботов. Кроме того, в автореферате отсутствуют нумерация представленных формул и расшифровка их переменных.

7. В диссертации и на стр. 8 автореферата в контексте ресурсоемкости (аппарат матриц) и большой вычислительной погрешности упомянут метод Денавита-Хартенберга, применяемый для описания кинематики манипуляторов. Известно, что система линейных алгебраических уравнений может быть записана в матричном виде, при этом вычислительные затраты не зависят от формы записи. Представление Денавита-Хартенберга применяется для записи решения прямой задачи кинематики манипулятора, которая решается однозначно и точно. Иная форма записи решения прямой задачи кинематики не изменит конечного вида выражений, связывающих координаты и ориентацию рабочего инструмента с величинами присоединенных координат. Разъяснения, каким именно образом метод Денавита-Хартенберга и матричный аппарат записи систем линейных уравнений увеличивают погрешность и ресурсоемкость вычислений в тексте не приведены, что следовало бы сделать, так как “недостатки” представления Денавита-Хартенберга побудили автора диссертации разрабатывать собственные методы, выносимые на защиту.

Перечисленные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации.

Обоснованность и достоверность научных положений, результатов и выводов диссертационной работы

Представленные материалы диссертационной работы: основные научные положения, результаты, выводы обоснованы квалифицированным использованием методов системного анализа, теории автоматического управления, оптимизации и оптимального управления, математического моделирования, автоматизированного проектирования бизнес-процессов, теории принятия решений.

При постановке и решении задач математического моделирования и динамического программирования автор использовал в своих выкладках строго обоснованные и доказанные математические положения. Для конкретных инженерных приложений автор привел ряд вычислительных экспериментов, которые также свидетельствуют о достоверности полученных теоретических результатов. Основные результаты диссертационной работы были апробированы на ряде научно-практических и научно-методических конференциях и семинарах. Автор имеет достаточное количество публикаций, в том числе в научных рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК и статьи в изданиях, индексируемых в международной базе цитирования Scopus.

Заключение по диссертационной работе

Анализ содержания диссертационной работы, автореферата, опубликованных автором работ позволяет сделать вывод, что цель и задачи диссертационной работы обусловлены актуальными потребностями науки и практики. Поставленная цель диссертационного исследования достигнута, соответствующие задачи решены на достаточно высоком научно-техническом уровне.

На основании изложенного выше, можно сделать следующее заключение: диссертационная работа Эраки Мохамед Тахер Хамед является законченной научно-квалификационной работой, соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации к кандидатским диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук, представляет собой законченное, самостоятельно выполненное исследование, позволяющее решать проблемы синтеза автоматизированных систем управления технологическими манипуляторами пищевых производств.

