ОТЗЫВ

научного консультанта на диссертационную работу
Толыкбаевой Марал Бакытхановны
на тему **«Адаптивное управление роботом-манипулятором»**,
представленную на соискание степени доктора философии (Ph.D.)
по специальности 8D07101 – Автоматизация и управление»

Тема диссертации Толыкбаевой М. Б. соответствует ключевому государственному научному приоритету республики Казахстан на период 2024–2026 годов «Передовое производство, цифровые и космические технологии». Диссертационная работа была выполнена в рамках двух проектов с грантовым финансированием Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан: проекта ИРН AP19679327 «Методы машинного обучения в задачах автоматического управления и инерциальной навигации мобильных роботов», реализуемому с 2023 по 2025 год по подприоритету «Интеллектуальные робототехнические системы» и проекта с ИРН AP13068317 «Разработка новых алгоритмов управления роботом-манипулятором для технологий 3D-сканирования и аддитивного микроплазменного напыления покрытий», реализуемому с 2022 по 2024 год (руководитель Кадыролдина А.Т.).

Работа Толыкбаевой М. Б. вносит существенный вклад в науку по направлению «Автоматизация и управление», важность данного диссертационного исследования хорошо раскрыта в работе. Как научный руководитель проекта AP19679327, я подтверждаю, что при работе по этому проекту Толыкбаева М. Б. показала высокий уровень самостоятельности, она самостоятельно получила ряд важных и новых результатов, которые отражены в публикациях с ее соавторством. В диссертации Толыкбаева М. Б. убедительно обосновала актуальность исследования и доказала научные положения, выносимые на защиту, раскрыла важность проведенного исследования, тщательно продумала структуру диссертационной работы. Проделан большой литературный обзор по теме исследования, с достаточным количеством использованных источников литературы.

Содержание диссертации ясно отражает тему диссертации и защищаемые положения. В диссертации четко сформулированы цель и задачи исследования, при этом они полностью соответствуют теме диссертации. Все разделы и положения диссертации полностью логически взаимосвязаны, а предложенные новые решения и методы аргументированы и оценены по сравнению с известными решениями, есть критический анализ, сравнивающий предложенные в работе решения с решениями других авторов и выражающий собственное мнение диссертанта. Научные результаты и положения диссертации являются полностью новыми, так же, как и технические решения, разработанные в процессе диссертационного исследования. Это подтверждается высоким уровнем публикаций Толыкбаевой М. Б., имеющей индекс Хирша 1 по базе Скопус.

Особо хочется отметить теоретическую обоснованность всех основных выводов диссертации, основанных на весомых с научной точки зрения математических доказательствах, а также подтвержденные результатами компьютерной симуляции. Основные положения, выносимые на защиту, убедительно доказаны, они являются новыми и не являются тривиальными, а также имеют широкий уровень применения. Положения и результаты диссертации представляют интерес для широкого круга исследователей в области автоматизации и управления, в частности, в области управления роботами-манипуляторами. Все три положения, выносимые на защиту, доказаны в опубликованных статьях по теме исследования. В конце каждой главы диссертации, посвященной доказательству отдельного положения, даются ссылки на соответствующие статьи с соавторством Толыкбаевой М. Б. диссертация в целом хорошо структурирована.

Основные научные результаты (научные положения) являются новыми и значимыми:

1. Конфигурационное пространство последовательного манипулятора представлено как риманово многообразие с метрикой, заданной кинетической энергией манипулятора. Разработана динамическая модель последовательного манипулятора на таком римановом многообразии.

2. Выполнена точная линеаризация последовательного манипулятора. Разработана система траекторного управления манипулятором, основанная на точной линеаризации.

3. Разработана и протестирована методами компьютерной симуляции адаптивная система траекторного управления последовательным манипулятором основанная на линеаризации объекта управления (манипулятора).

Выбор методологии исследования тщательно обоснован. В диссертационном исследовании применялись методы теории автоматического управления, методы математического моделирования и компьютерного эксперимента, включая симуляционный подход, а именно тестирование разработанных законов управления в программах-симуляторах. Отличительной особенностью диссертационной работы является применение математического аппарата групп Ли к задачам прямой кинематики манипулятора.

Предлагаемый в диссертации новый метод адаптивного управления, основанный на точной линеаризации системы управления, описывающей манипулятор с помощью координатного преобразования, представляет интерес с теоретической точки зрения, так как имеет потенциал для дальнейшего совершенствования и адаптации к другим задачам, связанными с другими механическими системами. В то же время представленные в диссертации результаты компьютерной симуляции нового метода адаптивного управления вызывают интерес к его к физической реализации (в «железе»). Кроме того, в работе хорошо освещены некоторые аспекты теории групп Ли применительно к задачам робототехники, а главное, продемонстрирована связь этих теоретических аспектов с практическими задачами робототехники. В целом, диссертация Толыкбаевой М. Б. имеет как теоретическое, так и практическое значение, результаты диссертации внедрены в учебный процесс ВКТУ им. Д. Серикбаева в образовательную программу 7М07101 «Автоматизация и управление» и используются при преподавании дисциплины «Адаптивные методы прогнозирования параметров технологических процессов» для проведения лекционных занятий и самостоятельной работы обучающихся (акт внедрения научно-исследовательской работы в учебный процесс от 28.02.2024 г.). Для внедрения в практику предлагается программа для ЭВМ «Восстановление поверхности по данным сканирования», авторы: Кадыролдина А.Т., Құсайын-Мұрат Ә.Т., **Толыкбаева М.Б**. (Свидетельство о государственной регистрации на объект авторского права № 38548 от 21 августа 2023 г)

В заключение хочется отметить высокое качество академического письма и оформления диссертации, а также то, что эта работа была апробирована на международных конференциях в Казахстане (2 конференции) и в Венгрии (1 конференция)

Считаю, что диссертационная работа Толыкбаевой М.Б. по научной новизне, объему, значимости полученных результатов соответствует требованиям главы 2 «Правил присуждения ученых степеней» Комитета по контролю в сфере образования и науки МНВО РК, предъявляемым к работам, представленным на соискание степени доктора философии (Ph.D.) и рекомендуется к публичной защите, а Толыкбаева М.Б. достойна степени доктора философии (Ph.D.) по специальности 8D07101 – Автоматизация и управление».

Доктор физ.-мат. наук
профессор,
профессор ШЦТиИИ
ВКТУ им. Д. Серикбаева Д. Л. Алонцева