

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

о диссертационной работе

Кокунько Юлии Георгиевны

«Методы и алгоритмы динамического дифференцирования и сглаживания
сигналов, задающих траектории мобильных роботов»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.3.1.

«Системный анализ, управление и обработка информации, статистика».

Актуальность темы. Разработка алгоритмов управления движением беспилотных мобильных роботов (в том числе, колесных платформ и летательных аппаратов) является одной из важных и популярных тем исследований последних десятилетий. Эти устройства способны выполнять широкий спектр задач. Например, в гражданских целях беспилотные летательные аппараты (БПЛА) применяются для аэрофотосъемки и инспектирования конструкций, для опрыскивания полей в сельском хозяйстве, оказания помощи в поисково-спасательных операциях и др.

При отслеживании программных траекторий движения переменные состояния объектов управления должны находиться в рамках допустимых значений, обусловленных требованиями безопасности к переходным процессам. Задача синтеза программных движений с учетом ограничений остается актуальной и до конца нерешенной. Кроме того, решения задач управления техническими системами, как правило, приходится искать в условиях неполных измерений и при наличии возмущений различной природы.

В связи с этим тема диссертационной работы Кокунько Ю.Г., посвященная проблеме получения реализуемых траекторий мобильных роботов как на плоскости, так и в пространстве и применению разработанных алгоритмов в задачах траекторного управления при воздействии внешних возмущений с обеспечением ограничений на переменные состояния и управление является, безусловно, актуальной.

Содержание работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и приложений. Во введении определяется объект, предмет и цель работы, а также задачи, которые необходимо выполнить для достижения поставленной цели, обосновывается актуальность выбранного направления исследований.

Первая глава работы посвящена обзору современных методов динамического дифференцирования сигналов, в которых допускается наличие

аддитивных шумовых помех. Обосновывается важность проблемы построения эталонных траекторий на плоскости и в пространстве с учетом кинодинамических ограничений. На основании приведенного обзора формулируются содержательные постановки задач диссертационного исследования с обоснованием применяемых подходов к их решению.

Вторая и третья главы имеют теоретический характер, в них представлены и строго доказаны новые подходы к динамическому дифференцированию сигналов, основанные на методах синтеза наблюдателей состояния для систем с неопределенным входом и следящих систем. Во второй главе разработана процедура каскадного синтеза кусочно-линейных корректирующих воздействий дифференциатора–наблюдателя, обеспечивающая оценивание с заданной точностью за заданное время производных требуемого порядка кусочно-гладких сигналов с небольшим количеством особых точек. Приведены результаты моделирования и сравнительного анализа дифференциаторов различной структуры и с различными корректирующими воздействиями.

В третьей главе на основе блочного принципа управления с гладкими и ограниченными сигмовидными обратными связями разработаны метод и процедура синтеза следящего дифференциатора, обеспечивающего сглаживание и дифференцирование кусочно-непрерывных сигналов с выполнением заданных ограничений на производные любого конечного порядка. Описаны факторы выбора динамического порядка следящего дифференциатора, его универсальные и фильтрующие свойства. Приведены результаты численного моделирования и сравнительного анализа производительности одноблочного и трехблочного следящих дифференциаторов.

Четвертая и пятая глава имеют практическую направленность. В четвертой главе представлены комплексные решения по синтезу статической и динамической обратной связи с использованием дифференциаторов различных типов для управления центром масс беспилотных колесных платформ в задаче путевой стабилизации и слежения. С использованием следящих дифференциаторов разработан комплекс алгоритмов планирования движения одиночного робота на полигоне.

В пятой главе представлены методы синтеза и сравнительного анализа регуляторов различного типа для автоматического управления движением центра масс беспилотного летательного аппарата самолетного типа в условиях действия ветровых возмущений. Сигмовидные функции используются для формирования обратной связи, синтеза наблюдателя ветровых возмущений, а также для дифференцирования и сглаживания задающих воздействий с учетом ограничений на динамические характеристики летательного аппарата. Приведены результаты апробации разработанных алгоритмов на виртуальном полигоне ООО «ПЛАЗ».

В заключении сформулированы выводы по результатам проведенных исследований.

В приложении приведены копии актов о внедрении результатов диссертационной работы и свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Научная новизна и значимость полученных результатов. В диссертации Кокунько Ю.Г. разработан дифференциатор–наблюдатель без собственных движений с кусочно-линейными корректирующими воздействиями, более простой в настройке по сравнению с аналогичным наблюдателем стандартной структуры и не дающий всплесков оценочных сигналов в особых точках по сравнению с линейным дифференциатором.

Предложен простой в вычислительной реализации метод динамического сглаживания на основе следящих дифференциаторов и блочного подхода с сигмовидными обратными связями, позволяющих в режиме онлайн получить в сигнальном виде плавные, реализуемые эталонные траектории и их производные с выполнением заданных ограничений и не требующих перенастройки при смене опорного сигнала.

Показано, что использование сигмовидных обратных связей в задачах траекторного управления колесными платформами и БПЛА самолетного типа позволяет подавить/компенсировать воздействие внешних неконтролируемых возмущений и обеспечить отслеживание заданной траектории с заданной точностью при выполнении проектных ограничений на переменные состояния и управления.

Обоснованность научных положений. Работа содержит полное и четкое изложение всех полученных результатов, обеспеченное строгостью применяемого математического аппарата, обоснование поставленных задач, а также сделанных выводов и заключений, подкрепленных достоверными ссылками на написанные в ходе исследований работы. Также в полной мере даны ссылки на работы предшественников и современников. Все разработанные автором методы и алгоритмы верифицированы численными экспериментами и апробацией на виртуальных полигонах с реальными данными.

Практическая значимость. Разработанные дифференциаторы–наблюдатели с кусочно-линейной коррекцией универсально применимы применение в системах автоматического управления механическими объектами для восстановления производных достаточно гладких задающих воздействий, поступающих из автономного источника; для восстановления производных измеряемых датчиками сигналов; для восстановления внешних возмущений по их воздействию на объект управления.

Разработанные следящие дифференциаторы с сигмовидной коррекцией позволяют одновременно отфильтровывать, сглаживать и дифференцировать кусочно-непрерывные и зашумленные сигналы, задающие путь следования мобильного робота в первом приближении. Применение предлагаемого подхода, не требовательно к вычислительным ресурсам, повысит маневренность и одновременно безопасность, а также степень автономности мобильных роботов.

Замечания по диссертации. По диссертации имеются следующие замечания.

1. В главе 3 при синтезе следящего дифференциатора центральным моментом является выполнение заданных ограничений на переменные состояния дифференциатора, что обеспечивается используемыми сигмовидными локальными связями и формализованной системой двойных неравенств для выбора их коэффициентов. Однако в работе отсутствует сравнение полученных результатов с существующими подходами к решению аналогичных задач, например, с использованием логарифмических барьерных функций Ляпунова.

2. Указано, что синтез следящего дифференциатора в главе 3 и следящих систем в разделах 4.1 и 5.1 основывается на блочном принципе управления. В западной литературе подобные построения именуются как метод бэкстеппинга (backstepping). Следовало бы дать пояснения к используемой терминологии и указать отличительные особенности (если таковые имеются) указанных подходов.

3. В современных условиях траекторное управление мобильными роботами реализуется с помощью микропроцессоров. Однако в диссертационной работе не представлен анализ проблем цифровой реализации разработанных алгоритмов управления и динамического дифференцирования.

Сделанные замечания не снижают достоинств диссертационной работы Кокунько Ю.Г., которая отличается целостностью, полнотой и практической направленностью исследований, а также логичностью и четкостью изложения полученных результатов и выводов. Содержание автореферата достаточно полно отражает основное содержание работы. По теме диссертации соискателем опубликовано 32 научных статьи, из них 17 – в рецензируемых журналах (в том числе 5 – в журналах, рекомендованных ВАК для представления работ по данной научной специальности). Результаты диссертационной работы широко апробированы, они обсуждались и докладывались на 22-х всероссийских и международных научно-практических конференциях.

Заключение. Диссертация Кокунько Ю.Г. является полноценной законченной научно-квалификационной работой на актуальную тему, выполненной на высоком уровне и обладающей научной новизной и практической значимостью. Работа вносит весомый вклад в решение научных задач по

динамическому дифференцированию и сглаживанию сигналов в режиме реального времени, имеющих значение для развития теории и практики траекторного управления мобильными роботами.

Диссертационная работа Кокунько Ю.Г. «Методы и алгоритмы динамического дифференцирования и сглаживания сигналов, задающих траектории мобильных роботов» соответствует критериям, которым должны отвечать кандидатские диссертации, указанным в Положении о порядке присуждения ученых степеней.

Работа соответствует специальности 2.3.1. «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика» в части системного анализа, управления и обработки информации по пунктам 1, 2, 4, 5, 12 паспорта специальности. Считаю, что Кокунько Юлия Георгиевна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по указанной специальности.

На включение персональных данных, содержащихся в отзыве, в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку согласен.

Официальный оппонент:

старший научный сотрудник Лаборатории механики систем
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института проблем механики им. А.Ю. Ишлинского
Российской академии наук,
кандидат физико-математических наук, доцент
по специальности «Системный анализ,
управление и обработка информации»



Голубев Алексей Евгеньевич
«14» ноября 2024 г.

Почтовый адрес: 119526, Москва, пр-т Вернадского, д. 101, корп. 1, ИПМех РАН

Телефон: 8 495 434-20-10

Адрес электронной почты: alexgmmd@bmstu.ru



Подпись

Голубев А.Е.

заверяю

ученый секретарь
ИПМех РАН

М.А. Котов

М.А. Котов

14.11.2024