

АННОТАЦИЯ

на диссертационную работу по теме: «Разработка алгоритмов и программ управления беспилотными летательными аппаратами», докторанта PhD по специальности «8D07116 – Интеллектуальные системы управления»,

Мазаковой Әйгерім Талғатқызы

Диссертационная работа посвящена разработке алгоритмов и программ управления беспилотными летательными аппаратами самолетного типа.

Актуальность диссертационной работы. В последние десятилетия наблюдается значительный прогресс в разработке и применении беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для решения различных задач. В настоящее время внимание переключается на потенциальное использование беспилотных летательных аппаратов в различных областях гражданского применения, таких как чрезвычайные ситуации, стихийные бедствия и обеспечение коммуникаций.

Это обусловлено несколькими причинами. Во-первых, БПЛА обычно дешевле в эксплуатации по сравнению с традиционными пилотируемыми самолетами. Они также проще в обслуживании и могут обеспечивать продолжительные периоды полета. Кроме того, они способны работать в условиях ограниченной видимости и темноте, что делает их ценным ресурсом в экстренных ситуациях, когда участие пилота может быть опасным.

Важным аспектом применения БПЛА является их управление. В настоящее время многие миссии выполняются с использованием дистанционного управления, что часто ограничивается качеством связи и погодными условиями. Поэтому сейчас активно разрабатываются методы повышения автономности этих аппаратов.

Одним из ключевых направлений исследований является разработка алгоритмов автоматического управления полетом, которые позволят БПЛА выполнять миссии без человеческого вмешательства. Это требует создания методов и алгоритмов для построения траекторий, учитывающих окружающую обстановку в реальном времени.

Сложность задачи управления БПЛА обусловлена множеством факторов, включая размерность математических моделей, а также необходимость непрерывного получения данных о параметрах движения для принятия оптимальных решений.

Таким образом, разработка математических моделей, алгоритмов управления и исследование управляемости БПЛА являются важными направлениями работы, имеющими высокую актуальность.

Целью диссертационной работы разработка алгоритмов для исследования управляемости БПЛА, анализируя математические модели динамики, а также поиска оптимальных решений управления. Для достижения этой цели в работе решаются следующие задачи:

- 1) Исследование математической модели динамики БПЛА.
- 2) Разработка критерия управляемости БПЛА.
- 3) Разработка алгоритмов нахождения оптимального управления БПЛА.
- 4) Создание программного обеспечения для определения управляемости и вычисления оптимального управления.
- 5) Разработка алгоритма управления группой БПЛА.

Научная новизна работы проявляется в следующих аспектах:

- получении нового критерия управляемости для беспилотных летательных аппаратов на основе применения методов интервальной математики.
- автоматизации проверки устойчивости динамики БПЛА на основе применения компьютерной алгебры с использованием интервальной математики.
- разработке алгоритма выбора оптимальной траектории полета на основе применения метода штрафных функций.
- создании алгоритма распределения целей между группой БПЛА.

Методы исследования, примененные в работе, включают интервальную математику, численный анализ, теорию управляемости и оптимального управления, а также современные системы проектирования и разработки программного обеспечения.

Объектом исследования являются сами БПЛА, а предметом исследования – математические модели и алгоритмы определения управляемости и оптимального управления ими.

Практическая значимость работы заключается в возможности использования разработанных алгоритмов как для управления одиночными БПЛА, так и для управления группой таких аппаратов.

Научная значимость работы проявляется в создании новых критериев управляемости и устойчивости на основе интервальной математики, а также в разработке алгоритмов оптимального управления для БПЛА.

Представленные на защиту научные положения, выводы и рекомендации подкреплены корректным использованием математического аппарата, правильной постановкой экспериментов и их обработкой, а также соответствием результатов теоретических исследований и экспериментальных данных. Достоверность проведенных исследований подтверждается доказанными теоремами и численными расчетами на модельных задачах.

Связь темы с планами научно-исследовательских программ

Диссертационная работа выполнялась в соответствии с календарным планом научно-исследовательских грантовых работ по приоритету: 4. Информационные, телекоммуникационные и космические технологии по подприоритету: 4.1 Искусственный интеллект и информационные технологии: 4.1.1 Интеллектуальные системы управления и принятия решений (в том числе в режиме реального времени) по теме проекта: АР19678157 «Разработка программно-аппаратного комплекса мониторинга состояния уровня заполняемости водоема» КазНУ имени аль-Фараби.

Структура диссертации включает введение, 5 разделов, заключение, список использованных источников и приложения.

Во введении дано обоснование актуальности выбранной темы диссертационной работы. Сформулированы цель, объект, предмет и задачи научно-исследовательской работы. Описаны результаты проведенных исследований, показаны их научная новизна и практическая значимость. Приведены данные об апробации основных результатов диссертационной работы.

В первом разделе проведен анализ мирового потока научных работ по данному направлению, что позволило увидеть объективную картину развития данного научного направления и оценить его актуальность и потенциальные возможности применения. Отмечены отечественные и зарубежные достижения в области разработки и применения БПЛА. Приведена постановка задач, исследуемых в диссертационной работе.

Выявлены тенденции развития современных технологий разработки и практического применения БПЛА, что доказывает актуальность научных исследований в данном направлении.

Второй раздел посвящен анализу существующих методов решений и формулировке задачи управляемости автономным полетом БПЛА. Приведена общая характеристика проблемы и постановка задач исследования. Проанализирована задача и выявлены основные проблемы, которые могут возникнуть в ходе ее решения. Выделены достоинства и недостатки описанных методов.

На основе применения интервальной математики получен критерий управляемости БПЛА. Разработана программа, позволяющая эффективно проверять условия управляемости.

Третий раздел посвящен анализу условий, обеспечивающих устойчивость выбранной траектории автономного полета БПЛА. Разработана программа, позволяющая эффективно проверять условия устойчивости.

Четвертый раздел посвящен определению оптимального управления для автономного полета БПЛА. Разработана программа, позволяющая находить оптимальное управление для полета БПЛА.

Пятый раздел посвящен разработке алгоритма распределения целей между группой БПЛА.

В заключении изложены основные результаты и выводы диссертации.

Апробация работы. Результаты диссертационной работы были представлены на международных научных конференциях, ежегодных научных конференциях Института вычислительных и информационных технологий, научных конференциях молодых ученых и специалистов Казахского национального университета, а также на научных семинарах кафедры «Искусственный интеллект и Big Data» КазНУ имени аль-Фараби. Это позволило обсудить и проверить полученные результаты в научном сообществе, а также получить обратную связь и дополнительные рекомендации от коллег и экспертов.

Кроме того, проведена зарубежная стажировка, что способствовало обмену опытом с исследователями из других стран, углублению знаний в области исследования и расширению международных научных контактов (Приложение А).

Важно отметить, что результаты работы получили признание и были оформлены в 17 свидетельствах о государственной регистрации прав на объект авторского права (Приложение Б). Это подтверждает оригинальность и значимость проведенных исследований.

Публикации. По теме диссертации опубликованы 22 печатных работ, в том числе 6 в изданиях рекомендуемых КОКСНВО МНВО РК, 9 работ в журнале, входящем в международную базу цитирования «Scopus» (подтверждается справкой АО НЦГНТЭ о наличии публикации в журнале, входящем в базу данных Scopus – Приложение В). Индекс Хирша в «Scopus» равен 3.

Научные публикации:

1. Mazakova A., Jomartova S., Mazakov T., Shormanov T., Amirkhanov B. Controllability of an unmanned aerial vehicle //2022 IEEE 7th International Energy Conference (ENERGYCON), Riga, Latvia. – 2022. – P. 1-5. doi: [10.1109/ENERGYCON53164.2022.9830244](https://doi.org/10.1109/ENERGYCON53164.2022.9830244)
2. Mazakova A., Jomartova S., Wójcik W., Mazakov T., Ziyatbekova G. Automated Linearization of a System of Nonlinear Ordinary Differential Equations // INTL Journal of Electronics and Telecommunications. – 2023, Vol. 69, N 4. – P. 655-660. doi: 10.24425/ijet.2023.147684.
3. Mazakova A., Jomartova Sh., Mazakov T., Brzhanov R., Gura D. The Use of Artificial Intelligence to Increase the Functional Stability of UAV Systems // International Review of Aerospace Engineering (IREASE). – 2024, vol 17, № 3. – P.98-106. doi: <https://doi.org/10.15866/irease.v17i3.25067>
4. Мазакова А.Т., Джомартова Ш.А., Мазаков Т.Ж., Зиятбекова Г.З., Досаналиева А.Т. Автоматизация процесса линеаризации нелинейной модели, описываемой обыкновенными дифференциальными уравнениями // Вестник КазУТБ. – Астана. – 2023, № 1(18). – С.7-23.
5. Мазакова А.Т., Джомартова Ш.А., Мазаков Т.Ж., Тойкенов Г.Ч., Алиаскар М.С. Параметрическая устойчивость беспилотного летательного аппарата // Вестник КазУТБ. – Астана, 2024. – № 3(24). – С. 43-51.
6. Mazakova A.T., Jomartova Sh.A., Mazakov T.Zh., Toikenov G.Ch., Aliaskar M.S. Optimal Control of An Unmanned Aerial Vehicle // Вестник КазУТБ. – Астана. – 2024, № 3(24). – С. 64-71.

Свидетельства о внесении сведений в государственный реестр прав на объекты, охраняемые авторским правом:

1. Свидетельство №45318 от 2 мая 2024 «Определение устойчивости БПЛА» (программа для ЭВМ), авторы: Мазакова Ә.Т., Мазаков Т.Ж., Джомартова Ш.А.

2. Свидетельство №45324 от 2 мая 2024 «Определение управляемости БПЛА» (программа для ЭВМ), авторы: Мазакова Ә.Т., Мазаков Т.Ж., Джомартова Ш.А.

3. Свидетельство №45572 от 10 мая 2024 «Определение оптимального управления БПЛА» (программа для ЭВМ), авторы: Мазакова Ә.Т., Джомартова Ш.А., Мазаков Т.Ж.