

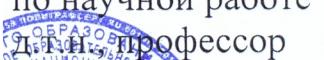


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «УГАТУ»)

К. Маркса ул., д. 12, г.Уфа, 450008. Тел.: (347) 272-63-07(347); факс: 272-29-18, e-mail: office@ugatu.su; <http://www.ugatu.su>
ОКПО 02069438, ОГРН 1030203899527, ИНН/КПП 0274023747/027401001

№ _____

На № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор УГАТУ
по научной работе

Джан, профессор

Р.Д. Еникеев
 2020 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Зау Хтет Наинг
«Математическая модель, алгоритмы и программный комплекс для
предотвращения столкновений беспилотных летательных аппаратов
гражданского назначения», представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое
моделирование, численные методы и комплексы программ

Актуальность темы

Развитие рынка беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) влечёт за собой рост вероятности столкновений этих аппаратов между собой. В настоящее время решению этой проблемы посвящено огромное количество исследований в разных частях света. Развитые страны, в которых сконцентрирована основная часть рынков и исследований, разрабатывают проекты массового использования БПЛА в сферах доставки грузов, аэросъёмки, геодезических и топографических съёмках, наблюдении, поиске пострадавших, мониторинге окружающей среды и многих других.

Различные исследователи предлагают различные методы предотвращений столкновений: от предотвращения столкновений непосредственно того аппарата, на котором применяется метод, до группы аппаратов на определённой местности. Некоторые проекты направлены на интеграцию БПЛА в общее воздушное пространство стран. Например, подобные проекты рассматриваются в рамках Национальной технологической инициативы - государственной программы мер по поддержке развития в России перспективных рынков. Поэтому тема предотвращения столкновений БПЛА является актуальной.

Научная новизна

В диссертации предложена новая математическая модель динамически меняющегося взаиморасположения БПЛА, позволяющая оценить параметры, предотвращающие столкновения аппаратов, отличающаяся возможностью получения адекватных результатов в аналитическом виде. Предложен новый алгоритм определения границ диапазона критических скоростей на основе скоростного подхода, отличающийся возможностью получения значений этих границ в аналитическом виде. Предложен новый алгоритм определения линейного ускорения БПЛА для уклонения от столкновения при скоростном маневре, отличающийся тем, что для расчёта линейного ускорения используются значения границ диапазона критических скоростей, рассчитанных на основе скоростного подхода. Все расчёты в алгоритмах довольно просты и не требуют больших вычислительных ресурсов бортовых компьютеров БПЛА.

Предложен и программно реализован новый подход к повышению эффективности метода Монте-Карло для построения границ зоны взаимодействия, отличающийся от существующих контекстным сужением области поиска границ. Разработан алгоритм и программный комплекс для моделирования взаимного движения в группе БПЛА с количеством до 50 аппаратов, отличающийся от существующих возможностью реализации скоростного подхода для предотвращения столкновений. Программа выдаёт результаты, подтверждающие выдвигаемые положения.

Практическая значимость

Разработанное автором программное обеспечение может быть интегрировано в бортовые вычислительные системы существующих БПЛА. Разработанные алгоритмы позволяют БПЛА уклоняться от столкновений с большим числом динамических объектов, находящихся в том же воздушном пространстве. Эти алгоритмы могут быть применимы не только к БПЛА, но и к беспилотным наземным аппаратам или морским (как к надводным, так и к подводным).

Обзор структуры диссертации

Диссертация включает в себя введение, 4 главы, заключение, список используемой литературы и три приложения. Объём диссертации составляет 115 страниц. Текст работы содержит 12 таблиц и 30 рисунков. Список литературы включает 120 источников.

В первой главе рассмотрены различные системы предотвращения столкновений БПЛА как со статическими, так и с динамическими объектами.

Проведён анализ систем предотвращения столкновений с динамическими объектами, определены их основные недостатки. Рассмотрены основные технические средства, как некорпоративные, так и корпоративные, оценки положения потенциальных динамических угроз. Также описаны технологии группового взаимодействия БПЛА.

Во второй главе приводятся разработанные математические модели взаимного движения БПЛА. Обосновывается возможность линеаризации траекторий движения БПЛА на относительно небольших участках траектории их движения, ограниченных временем поступления сигналов от корпоративной системы передачи текущих координат. Описывается математическая модель оценки параметров, позволяющих исключить столкновения БПЛА. Приводятся результаты компьютерного моделирования взаимного движения БПЛА, подтверждающие адекватность полученных моделей.

В третьей главе рассматривается метод исключения столкновений с учётом ограничений на ресурсы БПЛА. Обосновывается необходимость введения понятия зоны взаимодействия и определяется алгоритм оценки границ этой зоны. Выбирается численный метод, позволяющий получить значения этих границ в полярной системе координат. Формируется аппроксимирующая функция границ зоны взаимодействия и рассчитываются значения её параметров.

В четвёртой главе приводится методика реализации метода исключения столкновений и описывается программный комплекс, построенный в соответствии с этой методикой. Описывается архитектура программного комплекса и основных его подсистем: генерации навигационных параметров БПЛА; моделирования их движения; формирования управляющих воздействий на автопилот БПЛА; визуализации и вывода результатов моделирования. Приводятся результаты моделирования с использованием метода исключения столкновений.

Соответствие паспорту специальности

Диссертационная работа Зау Хтет Наинг соответствует области исследования специальности 05.13.18. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» по п.1 «Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений» (пункт 1 научной новизны), п.2 «Развитие качественных и приближенных аналитических методов исследования математических моделей» (пункты 2-3 научной новизны), п.4 «Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для

проведения вычислительного эксперимента» (пункт 4 научной новизны), п.8 «Разработка систем компьютерного и имитационного моделирования» (пункт 8 научной новизны).

Апробация результатов

Основные результаты работы докладывались и обсуждались на следующих научных конференциях:

- международная мультидисциплинарная конференция по промышленному инжинирингу и современным технологиям «FarEast Con-2018» Дальневосточного федерального университета (г. Владивосток, 2018г.).
- «International Conference Information Technologies in Business and Industry 2018» Томскогополитехническогоуниверситета (г. Томск, 2018 г.);
- международная (заочная) научно-техническая конференция «Достижения и перспективы современной науки» (Казахстан, г.Астана, 2017 г.);
- 47-я научно-техническая конференция студентов и аспирантов Комсомольского-на-Амуре государственного университета (г. Комсомольск-на-Амуре, 2017 г.);
- международная научно-техническая конференция «Производственные технологии будущего: от создания к внедрению» Комсомольского-на-Амуре государственного университета (г. Комсомольск-на-Амур, 2017 г.);

Результаты диссертационного исследования опубликованы в 10 научных работах, в том числе 1 – в издании, рекомендованном ВАК, 1 – в издании, индексируемом в международной базе Scopus, 1 – в издании, индексируемом в международной базе Web of Science.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

В целом работа Зау Хтет Наинг имеет определённую практическую направленность и может быть использована в робототехнике, кибернетике и информационных технологиях. Полученные в ходе исследования результаты развивают области научных исследований, связанных с управлением БПЛА и предотвращением столкновений между ними, а также развивают использование численных методов в области разработки БПЛА и их систем управления.

Разработанные автором положения рекомендуется использовать научно-исследовательским и проектным организациям, которые занимаются разработкой БПЛА и беспилотных авиационных систем.

Кроме того, предложенные алгоритмы могут быть применимы в различных областях робототехники, где необходимо избегать столкновения между несколькими роботизированными аппаратами, находящимися в едином пространстве.

Замечания по диссертации

1. Недостаточно обоснованно сделан выбор метода Монте-Карло в качестве численного метода для нахождения границ зоны взаимодействия.
2. В диссертации нет пояснений относительно того, как повлияет на ситуацию размещение на «чужих» БПЛА программного продукта, аналогичного разработанному автором.
3. В диссертации не достаточно полно рассмотрен вопрос о поведении БПЛА, если «чужой» расположен в «мёртвой» зоне.
4. При моделировании автор использует условные единицы, поэтому не совсем ясно, как происходит реализация основных алгоритмов при использовании реальных параметров БПЛА.
5. Многие выводы по главам носят характер не логических или аналитических выводов, а отчета о проделанной работе.
6. Для обозначения различных величин в разных частях работы использованы одни и те же символы (L , a); в результате неясно, как именно динамика БПЛА учитывается при моделировании.

Сделанные замечания не являются принципиальными и не влияют на общую положительную оценку работы.

Заключение

Тема диссертационной работы актуальна, полученные результаты и выводы свидетельствуют о том, что поставленная цель достигнута. Содержание работы соответствует проведенному диссертационному исследованию. Материал диссертации изложен ясно, работа хорошо структурирована и оформлена. Автореферат отражает суть диссертационной работы и дает хорошее представление об объеме и характере проведенных исследований.

Диссертация Зау Хтет Наинг на соискание ученой степени кандидата технических наук является научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные оригинальные технические решения в области предотвращения столкновений беспилотных летательных аппаратов, которые имеют существенное значение для развития беспилотных авиационных систем, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор заслуживает

присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Отзыв обсужден на заседании кафедры информационно-измерительной техники Уфимского государственного авиационного технического университета «11» 02 2020 г., протокол № 10.

Заведующий кафедрой:

д.т.н., профессор
Ясовеев Васих Хаматович

—
подпись
11.02.2020

Отзыв составили:

д.т.н., профессор
Фетисов Владимир Станиславович,
профессор кафедры информационно-измерительной техники.
Докторская диссертация защищена
по специальности 05.13.05 – Элементы
и устройства вычислительной техники и систем управления

—
подпись
11.02.2020

к.т.н., доцент

Неугодникова Любовь Михайловна,
доцент кафедры информационно-измерительной техники
Кандидатская диссертация защищена
по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление, обработка
информации

—
подпись
11.02.2020

Адрес организации: 450008, г.Уфа, ул. К. Маркса,12
Рабочий телефон: (347)-273-77-89
Адрес эл. почты: iit-usatu@yandex.ru