Отзыв официального оппонента на диссертацию

Зау Хтет Наинга

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ, АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Представлена диссертационная работа, содержащая 131 страницу, 16 таблиц, 36 рисунков и состоящая из введения, четырех глав основного текста, заключения, списка использованных источников, включающего 129 наименований, в том числе, 79 зарубежных, и приложения, содержащего копии охранных документов на результаты интеллектуальной деятельности.

1. Актуальность темы исследования

Индустрия создания и использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) гражданского назначения развивается невиданными темпами. Эти средства находят применение во многих областях и становятся одним из признаков современной цивилизации. В то же время быстрый рост числа БПЛА в мире порождает проблемы безопасности при их эксплуатации, в частности, опасность столкновения в воздухе как между собой, так и с другими воздушными судами. Эта опасность осознается международными и государственными органами, которые разрабатывают стандарты и кодексы безопасной эксплуатации БПЛА и строго следят за их исполнением. В то же время, современные средства связи и вычислительной техники позволяют создавать легкие и надежные аппаратно-программные комплексы, устанавливаемые непосредственно на БПЛА, которые значительно повышают безопасность их эксплуатации. При этом проблемой становится создание бортового программного обеспечения, гарантирующего безопасную эксплуатацию летательных аппаратов. Рассматриваемая диссертационная работа посвящена решению именно этой проблемы, что, **несомненно, определяет ее актуальность.** В работе на основе большого объема вычислительных экспериментов по математическому моделированию взаимодействия БПЛА в воздушном пространстве получен задел для разработки бортовых систем предотвращения столкновения таких аппаратов. Представлены математические модели и программные средства, а также аналитические выражения, описывающие некоторые функции системы предотвращения столкновений, представлены разработанные алгоритмы и описание применения их в программных комплексах.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов, рекомендаций и их достоверность.

В работе рассмотрены современные достижения отечественных и зарубежных исследователей, занимающихся решением поставленной задачи. Используется оригинальное применение скоростного подхода к решению предотвращения столкновений нескольких БПЛА. Автор получил аналитические выражения для определения условий столкновения аппаратов и для расчёта параметров уклонения от него, подтвердил их адекватность математическими расчётами и результатами компьютерного моделирования.

Основные результаты диссертации были апробированы на четырех конференциях международного уровня и подробно представлены в 12 научных публикациях, в том числе в одной работе в издании, рекомендованном ВАК, в одной работе в издании, индексируемом в международной базе Scopus, и в одной работе в издании, индексируемом в международной базе Web of Science.

3. Научная новизна результатов исследования в соответствии с паспортом специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы, комплексы программ»

В области математического моделирования предложена новая математическая модель динамически меняющегося взаиморасположения беспилотных летательных аппаратов. Предложен новый алгоритм определения границ диапазона критических скоростей на основе скоростного подхода, отличающийся возможностью получения значений этих границ в аналитическом виде.

В области численных методов предложен и реализован новый алгоритм повышения эффективности метода Монте-Карло для построения границ зоны взаимодействия, отличающийся от существующих контекстным сужением области поиска границ.

В области комплексов программ разработаны две программы, которые реализуют в себе основанные на математической модели и выдвигаемые на защиту выражения. Имеются свидетельства о регистрации в реестре программ для ЭВМ.

4. Практическая значимость результатов исследования

Практическая значимость работы заключается в возможном интегрировании разработанного программного обеспечения в бортовую вычислительную систему беспилотного летательного аппарата. Имеется задел для дальнейшей реализации системы предотвращения столкновений БПЛА. Помимо решения поставленной задачи для БПЛА, предложенный подход можно рассматривать как задел для решения более широкого круга задач обеспечения безопасности воздушного движения.

5. Замечания по работе

1. Автор при анализе проблемы безопасного движения беспилотных воздушных судов (глава 1 диссертации) не ссылается на Воздушный кодекс РФ (статьи 24-1, 28 и др.). Такой анализ позволил бы, на наш взгляд, уточнить постановку задач диссертации.
2. В работе отсутствует определение термина «скоростной подход» к решению поставленных задач, который автор считает важной особенностью работы, и не говорится о возможных альтернативных подходах и их эффективности.
3. Автор демонстрирует свое знание исследуемой области, приведя обширный обзор зарубежных публикаций по взаимодействию между БПЛА. Ссылки на отечественные исследования также имеются, но их сравнительно мало. В частности, не упомянута классическая монография Н. Н. Красовского «Игровые задачи о встрече движений» (М.: Наука,1970 – 420 с.); не рассмотрены материалы проекта рабочей группы АЭРОНЕТ, выполняемого в рамках Национальной стратегической инициативы.
4. В работе использовано выражение «счетное множество БПЛА» (глава 2, с. 54). Счетное множество содержит бесконечное количество элементов, а беспилотников в любом случае – конечное множество.
5. Следует отметить, что автор уверенно владеет математическим аппаратом и программным обеспечением в избранной области исследований. Однако небольшие замечания все же можно сделать: например, номер формулы (2.4) повторен дважды, выражение (2.7) можно записать проще, в формулы (3.1), (3.2) вставлен текст, имеются и другие мелкие погрешности.

6. Заключение

Диссертационная работа Зау Хтет Наинг по теме «Математическая модель, алгоритмы и программный комплекс для предотвращения столкновений беспилотных летательных аппаратов гражданского назначения», представленная на соискание учёной степени кандидата технических наук, является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком уровне. Актуальность темы исследования достаточно обоснована.

Замечания, высказанные выше, не носят принципиального характера и не меняют положительного впечатления от диссертационного исследования.

В целом диссертация имеет завершенный характер, содержит большой объем исследований, хорошо оформлена и иллюстрирована. В ней решены все поставленные задачи. Содержание диссертационной работы соответствует паспорту специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». Основное содержание работы подробно изложено в 12 научных работах и адекватно отражено в автореферате.

Считаю, что диссертационная работа по теме «Математическая модель, алгоритмы и программный комплекс для предотвращения столкновений

беспилотных летательных аппаратов гражданского назначения» соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Зау Хтет Наинг заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент –
доктор технических наук,
профессор кафедры информационно-управляющих систем
Сибирского государственного университета науки и технологий
имени академика М.Ф. Решетнева.

Против включения персональных данных в документы, связанные с рассмотрением диссертации Зау Хтет Наинг, не возражаю.

Доррер Георгий Алексеевич

Подпись Г.А. Доррера заверяю –
ученый секретарь Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева

Криворотова А.И.

Доррер Георгий Алексеевич, ФБГОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева»,
доктор технических наук по специальности 06.03.03 – Лесоведение и лесоводство, лесные пожары и борьба с ними,
профессор кафедры информационно-управляющих систем.

660037 г. Красноярск, проспект им. газеты «Красноярский рабочий» 31
Телефоны: +7 (391) 291-90-56, +7 913 534 1066,
e-mail : info@ sibsau.ru , g_a_dorrer@mail.ru