

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора технических наук Мунасыпова Рустэма Анваровича на диссертацию Нгуен Тхань Конг «Алгоритмизация маршрутизации и видеомониторинга при групповом патрулировании протяженных территорий беспилотными летательными аппаратами», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»

Актуальность темы исследования

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) приобрели огромную популярность благодаря их очевидным преимуществам - экономичности, простоте в эксплуатации, малой стоимости и отсутствию на борту человека. Одна из актуальных сфер их применения - воздушное патрулирование, которое особенно эффективно в условиях протяженных и труднодоступных территорий, их отдаленности и ограниченности людских ресурсов.

Диссертация посвящена проблеме группового патрулирования протяженных территорий средствами беспилотных авиационных комплексов (БАК). Автор исследует комплекс взаимосвязанных вопросов: состав информационного обеспечения оператора БПЛА для выполнения миссии полета, планирование маршрутов и контроль параметров полета, мониторинг зон патрулирования. Совокупность данных вопросов закономерно рассматривать как самостоятельную область научных исследований, представляющую большой теоретический интерес и имеющую важное практическое значение. Стоит подчеркнуть, что основу диссертационного исследования составляет проблематика группового патрулирования протяженных территорий. Алгоритмизация решаемых в диссертации задач основывается на методах вычислительного интеллекта: генетических алгоритмов оптимизации, кластерном анализе, искусственных нейронных сетях, вейвлет-анализе видеоизображений.

Цель работы

Целью диссертационной работы является разработка алгоритмов оптимальной маршрутизации и видеомониторинга в задачах группового патрулирования протяженных территорий посредством БАК.

Структура диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и четырех приложений.

Во введении описаны объект и предмет исследования диссертационной работы. Проведен анализ степени разработанности темы диссертации. Приведены основные положения, выносимые на защиту диссертационной работы.

В первой главе описывается состав и общие вопросы управления БПЛА, проведен аналитический обзор современных исследований в области информационного обеспечения оператора БПЛА, обсуждается содержание задач воздушного патрулирования территорий беспилотниками, а также концепции вычислительного интеллекта и мягких вычислений согласно Л. Заде.

Во второй главе описывается назначение и специфика ГИС-технологий, возможности их использования в задачах навигации и маршрутизации полета БПЛА. Особое внимание уделяется геоинформационной системе QGIS и вопросам построения цифровой модели местности на ее основе. Изложены три метода расчета траектории полета БПЛА: на основе машины Дубинса, с использованием сплайн-интерполяции и нейросетевой интерполяции на основе радиальных базисных функций (RBF). Проведен сравнительный анализ данных методов.

В третьей главе решаются задачи планирования маршрутов полета БПЛА при групповом патрулировании протяженных территорий. Задача оптимальной маршрутизации беспилотников может быть формализована как множественная задача коммивояжера (Multiple Traveling Salesman Problem, MTSP). В диссертации Нгуена Т.К разработаны два подхода к ее решению.

В первом полагается, что патрулируемая территория имеет вытянутую форму и образует цепочку смежных зон патрулирования, все беспилотники

базируются в одном депо. В этом случае задача оптимальной маршрутизации сводится к задаче целочисленного линейного программирования, причем для ее решения предлагается использовать генетический алгоритм.

Второй подход основан геопространственной кластеризации зон патрулирования. Число кластеров задано. Выполняется кластеризация зон, посредством которой решаемая задача декомпозируется на ряд экстремальных подзадач маршрутизации с одним депо, причем в каждом кластере находится ближайшая к его центру зона, в которой размещается депо.

В четвертой главе решена задача видеомониторинга надводных объектов по данным видеонаблюдения в условиях плохой видимости. Разработан и экспериментально исследован модифицированный алгоритм детекции объектов на основе нейросети YOLOv8 с применением механизма внимания Wavelet Attention, показавший преимущества по точности и скорости детекции сравнению с существующими аналогами.

В заключении формулируются основные результаты, полученные в диссертационной работе.

В приложениях 1 и 2 приведены листинги двух программ: Программы оптимизации маршрутов полета БПЛА при групповом патрулировании территории с одним депо и Программы геопространственной кластеризации зон патрулирования.

Научная новизна полученных результатов и выводов, сформулированных в диссертации

Научная новизна диссертационной работы заключается в разработке концепции прокладки маршрута полета БПЛА на основе ГИС-технологий с применением цифровых карт местности и расчетом траектории полета методами сплайн- и нейросетевой интерполяции; решении задач оптимального планирования маршрутов полета беспилотников при групповом патрулировании протяженных территорий с применением генетических алгоритмов и геопространственной кластеризации зон патрулирования; разработке алгоритма обнаружения объектов по данным видеонаблюдения в условиях плохой видимости с применением сверточных нейронных сетей Wavelet Attention.

Основное содержание диссертации

Предложенные в главах 2-4 алгоритмы решения поставленных в диссертации задач отличаются новизной и оригинальностью. Их работоспособность и эффективность подтверждается вычислительными экспериментами.

Достоверность и обоснованность научных результатов и выводов

Достоверность полученных результатов обусловлена корректным использованием проверенных математических методов, применением апробированного математического аппарата, методологии математического и компьютерного моделирования, статистической обработки данных вычислительных экспериментов.

Значимость результатов, полученных автором

В работе содержатся новые постановки научных задач, предложены оригинальные методы их решения, автором получен ряд новых нетривиальных результатов в области алгоритмизации задач маршрутизации и видеомониторинга охраняемых территорий средствами БПЛА.

Полученные в работе решения могут быть использованы при разработке алгоритмов реального времени для бортовых систем и наземных станций управления беспилотных авиационных (БАС).

Значимость полученных результатов подтверждается публикациями автора в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК, трудах международных конференций, свидетельство о регистрации программы для ЭВМ. Подтверждением практической ценности полученных результатов служит акт внедрения результатов работы.

Содержание автореферата, в целом, соответствует идеям, тексту и выводам диссертации.

Тема и содержание диссертации соответствуют пунктам паспорта научной специальности 2.3.1: п.1. «Теоретические основы и методы системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации»; п.2. «Формализация и постановка задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки

информации»; п.3. «Разработка критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации»; п.4. «Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации». На основе проведенного анализа содержания диссертационной работы следует сделать заключение о том, что поставленные в ней задачи решены.

Замечания по работе

1. В п. 1.3 диссертации обсуждается бортовая и наземная аппаратура управления БАС. На наш взгляд, при организации работы БАС уместно также обращение к вопросам диспетчеризации трафика полета беспилотников.

2. Воздушное патрулирование предполагает облет территории по установленным маршрутам, при этом наряду с задачей планирования маршрутов полета БПЛА также возникает задача, не рассматриваемая в диссертации, - составление расписания полетов, решение которой возможно на основе методологии теории расписаний.

3. В главе 2 диссертации решаются задачи прокладки маршрута с применением самой известной бесплатной настольной геоинформационной системы QGIS. Однако практический интерес представляют и другие свободно распространяемые ГИС, например, GRASS, которые не обсуждаются в представленной работе.

4. В п. 3.1 (стр. 62) автор отмечает, что в работе «дается постановка и приводится решение задачи планирования оптимальных маршрутов полета БПЛА при групповом воздушном патрулировании территорий большой протяженности». Следовало бы уточнить характеристику «территорий большой протяженности».

5. В главе 4 (с. 102-104) приводятся результаты сравнения эффективности моделей HC ResNet50, AlexNet, MobileNetV2 и модели нейросети с вейвлет-преобразованием применительно к задаче видеодетектирования надводных объектов. Наряду с этим отмечаются хорошие показатели вейвлет-нейронных сетей WNN по скорости и качеству обучения. Однако в работе отсутствуют данные, подтверждающие этот вывод.

Заключение

Диссертация Нгуен Т.К. является законченной научно-квалификационной работой, в которой решаются актуальные задачи патрулирования протяженных территорий беспилотными летательными аппаратами. Результаты полностью опубликованы в 4 статьях в журналах из перечня ВАК, в трудах международных и всероссийских конференций. Тематика и содержание работы полностью соответствует заявленной специальности. Автореферат правильно отражает содержание диссертации. Диссертация удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям и критериям положения ВАК о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор, Нгуен Тхань Конг, заслуживает присуждения ему научной степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.1 – «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика»

Официальный оппонент

Доктор технических наук (специальность 05.13.01), профессор, заведующий кафедрой автоматизации технологических процессов Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий»

«30» 10 2025 г.



Мунасыпов Р.А.

450076, Приволжский федеральный округ, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Заки Валиди, дом 32.

Тел: +7 (908) 350-21-76

Email: munasypov.ra@ugatu.su

Подпись официального оппонента Р.А. Мунасыпова, д.т.н., профессора, заведующий кафедрой автоматизации технологических процессов ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», ЗАВЕРЯЮ.



Подпись Мунасыпов Р.А.
Заведующий кафедрой автоматизации технологических процессов
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»
Заведующий общим отделом УНИТ
«30» 10 2025 г.