



Государственный научный центр Российской Федерации
Федеральное автономное учреждение

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ
(ФАУ «ГосНИИАС»)**

Юридический адрес: Викторенко ул., д.7, корп.2, г. Москва, 125319
Для почтовых отправлений: 125319, г. Москва, а/я 55
Тел.: (499) 157-70-47, факс: (499) 943-86-05, e-mail: info@gosniias.ru;
<http://www.gosniias.ru>
ОКПО: 51610303, ОГРН: 1227700109295, ИНН/КПП: 7714482225/771401001

№ _____
На № _____ от _____

Председателю
специального диссертационного
совета 24.2.326.08

М.П. Романову

119454, г. Москва,
просп. Вернадского, д. 78
ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский
технологический университет»

О направлении отзыва ведущей
организации

Уважаемый Михаил Петрович!

Направляю Вам отзыв ведущей организации на кандидатскую диссертацию Нгуен Тхань Конга на тему «Алгоритмизация маршрутизации и видеомониторинга при групповом патрулировании протяженных территорий беспилотными летательными аппаратами», представленную в диссертационный совет 24.2.326.08 на базе ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» по научной специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Приложение: Отзыв ведущей организации на 8 листах, 2 экз.

Заместитель генерального директора
– руководитель научного комплекса
д.т.н., профессор РАН

Н.И. Сельвесюк

Исп. Грешников И.И., начальник лаборатории, к.т.н.
Тел. iigreshnikov@gosniias.ru, 8-905-795-32-35

В диссертационный совет Д 24.2.326.08
при ФГБОУ ВО «МИРЭА - Российский
технологический университет»
Ученому секретарь диссертационного
совета, к.т.н. Андриановой Е.Г.

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора по науке
Федерального автономного учреждения
«Государственный научно-исследовательский
институт авиационных систем»
(ФАУ «ГосНИИАС»)

д.т.н., академик РАН  С.Ю. Желтов

31 октября 2025 г.

125319, Москва, ул. Викторенко, 7к2

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

ФАУ «ГосНИИАС» на диссертационную работу Нгуен Тхань Конга на тему «Алгоритмизация маршрутизации и видеомониторинга при групповом патрулировании протяженных территорий беспилотными летательными аппаратами», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации.

Актуальность темы диссертации

Беспилотные авиационные системы находят широкое применение в разных областях человеческой деятельности. В документе (размещен на официальном портале правительства РФ) «Стратегия развития беспилотной авиации Российской федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2035 года» определяется развитие и формирование перспективного облика беспилотной авиации на долгосрочный период. Стратегией определены приоритетные направления развития беспилотной авиации, причем важная

роль отводится фундаментальным и перспективным исследованиям в сфере беспилотных авиационных систем (БАС).

Одной из актуальных сфер применения БАС является воздушное патрулирование, причем существенные выгоды достигаются при групповом патрулировании больших и труднодоступных территорий. В настоящее время эта область применения БАС недостаточно изучена и порождает комплекс научно-технических задач, представляющих научный интерес: организация регулярного патрулирования средствами БАС, информационное обеспечение оператора БПЛА, планирование маршрутов патрулирования, контроль параметров полета, мониторинг местности и др.

В диссертации исследуются вопросы алгоритмизации задач планирования, обработки навигационной и полетной информации при патрулировании протяженных территорий на базе применения интеллектуальных технологий.

Оценка содержания работы

Целью диссертации является исследование комплекса вопросов, связанных с маршрутизацией и мониторингом полета БПЛА при патрулировании протяженных территорий. Тема диссертации актуальна, она содержит новые идеи и результаты исследований автора. Основные положения работы обоснованы. В целом диссертация является завершенным научным трудом. Текст диссертации написан строгим техническим языком.

Структура диссертационной работы

Диссертация изложена на 142 страницах, состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 123 наименований, приложений, содержит 32 рисунка, 5 таблиц.

Во введении дано обоснование актуальности темы диссертационного исследования, анализируется степень ее разработанности. Отмечается, что проблематика применения БПЛА в задачах патрулирования является актуальной и активно развивающейся областью научных исследований. Однако, несмотря на достигнутые успехи, многие вопросы теоретического и

прикладного характера остаются открытыми и нуждаются в дальнейшем изучении. Сформулированы решаемые научные задачи.

В *первой главе* диссертационной работы рассматривается проблема патрулирования протяженных территорий средствами БАС. Обосновывается применение малых БПЛА самолетного типа. Описывается авионика и архитектура системы управления БПЛА. Выделяются задачи планирования маршрутов полета, управления полетом и следования заданному маршруту. Рассматриваются функции наземной станции управления (НСУ) и оператора БПЛА, задачи формирования полётного задания и плана полёта, контроля и мониторинга состояния БПЛА в течение полета.

Вторая глава диссертации посвящена вопросам применения геоинформационных систем (ГИС) и ГИС-технологий в задачах навигации и маршрутизации полета БПЛА. В диссертации для решения поставленных задач предлагается использовать свободную кроссплатформенную геоинформационную систему QGIS (Quantum GIS).

Рассматриваются вопросы построения карты местности в районе воздушного патрулирования, методологические и алгоритмические аспекты планирования маршрута полета БПЛА. Анализируются методы формирования траекторий полета с использованием машины Дубинса, аппарата сплайн- и нейросетевой интерполяции.

В *третьей главе* исследуются вопросы оптимального планирования маршрутов полета БПЛА при групповом патрулировании территорий большой протяженности. Приведен библиографический обзор работ в данной области исследований. Дана постановка и математическая формализация задачи маршрутизации полета группы БПЛА как множественной задачи коммивояжера (MTSP). Рассматриваются три варианта решения данной задачи.

В первом варианте принимается допущение, что патрулируемая территория имеет вытянутую форму и образует цепочку смежных зон патрулирования, а все беспилотники базируются в одном депо. В этом случае исходная задача оптимальной маршрутизации сводится к задаче целочисленного линейного программирования, причем для ее решения предлагается использовать генетический алгоритм.

Во втором варианте исследуется задача оптимальной маршрутизации для группы БПЛА с несколькими депо. Предполагается, что контролируемая территория – вытянутая и большой протяженности. В диссертации показано, что рассматриваемая оптимизационная задача может быть математически формализована как задача целочисленного программирования.

В третьем варианте постановки задачи рассматривается контролируемая территория общего вида. Предлагается метод ее решения на основе геопространственной кластеризации множества всех зон патрулирования.

В четвертой главе исследуется задача детекции и классификации надводных объектов по данным видеонаблюдения с борта БПЛА в условиях плохой видимости. Здесь негативными факторами являются искажение изображений, ограниченность визуальных данных и сложность выделения характерных признаков объектов. Автором приведены известные результаты в этом направлении исследований.

В диссертации рассматриваются два способа применения вейвлетов в нейронных сетях (НС): в первом сначала выполняется вейвлет-преобразование исходного изображения и затем действует сверточная НС (Convolutional Neural Networks, CNN); во втором способе применяются вейвлет-нейронные сети, у которых в качестве функции активации используются вейвлеты. В диссертации представлены результаты обучения четырех моделей НС: ResNet50, AlexNet, MobileNetV2 и модели НС с вейвлет-преобразованием. Анализируются возможности сверточных НС Wavelet-Attention. Предложен алгоритм обработки видеоданных в условиях плохой видимости, объединяющий функциональные возможности сетей YOLOv8 и Wavelet-Attention.

В заключении приведены данные о научной новизне и практической значимости полученных автором результатов. Дан перечень результатов и научных положений, вынесенных на защиту.

Научная новизна полученных результатов

1. Разработана концепция прокладки маршрута полета БПЛА с применением ГИС-технологий, предложены методы расчета траектории

полета БПЛА на основе сплайн- и нейросетевой интерполяции маршрутных точек.

2. Разработан алгоритм оптимального планирования маршрутов полета БПЛА в предположении, что патрулируемая территория имеет вытянутую форму. Особенности алгоритма: критерий эффективности плана – максимальное значение времени выполнения полетных заданий; исходная задача формализации как множественная задача коммивояжера (Multiple Travelling Salesmen Problem, MTSP); предлагаемый метод ее решения состоит в ее сведении к задаче целочисленного линейного программирования и применении в качестве метода оптимизации генетического алгоритма.

3. Разработан алгоритм планирования маршрутов полета БПЛА на основе геопространственной кластеризации зон патрулирования, причем для устранения подмаршрутов в решаемых MTSP применяются условия Миллера-Такера-Землина.

4. Разработаны алгоритмы обнаружения объектов по данным видеонаблюдения с борта БПЛА в условиях плохой видимости с применением сверточных нейросетей YOLOv8 и Wavelet-Attention.

Обоснованность и достоверность полученных результатов подтверждается корректным использованием математического аппарата, алгоритмов и методов исследований, а также результатами математического моделирования.

Практическая значимость

Практическая значимость результатов состоит в следующем:

- Показана целесообразность и эффективность применения геоинформационной системы QGIS для решения задач навигации и маршрутизации полета БПЛА.
- Разработанные алгоритмы и программы оптимального планирования маршрутов полета БПЛА могут использоваться при разработке информационного и программного обеспечения БАС.
- Разработанный алгоритм видеонаблюдения на базе сверточной сети Wavelet-Attention может использоваться в задачах обнаружения объектов в условиях плохой видимости.

Результаты диссертационного исследования также могут быть использованы в других областях применения БАС.

Публикации и апробация результатов исследования

По теме диссертации опубликованы 12 научных работ, из них 4 статьи в рецензируемых изданиях на категории К1, К2, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России, 1 статья в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования Scopus, 6 статей и докладов в сборниках трудов российских и международных конференций, а также получено свидетельство о регистрации программ для ЭВМ № 2024685952.

Основные результаты докладывались и обсуждались на всероссийских и международных научных и научно-практических конференциях: 2024 International Seminar on Electron Devices Design and Production (SED), Sochi, Russian Federation (2024); X междунар. научно-практ. конф. «Теоретические и практические аспекты развития современной науки: теория, методология, практика» (Уфа, 2023); XII междунар. научно-практ. конф. «Современные тенденции и инновации в науке и производстве» (Междуреченск, 2023); II Национальная научно-практ. конф. «Фундаментальные, поисковые, прикладные исследования и инновационные проекты» (Москва, 2023); III Национальная научно-практ. конф. «Фундаментальные, поисковые, прикладные исследования и инновационные проекты» (Москва, 2024).

Реализация и внедрение

Полученные в работе результаты внедрены в учебный процесс кафедры АС ИИИ МИРЭА.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Предложенные научно-технические решения, алгоритмы, методы и концепция могут быть рекомендованы к использованию в приборостроительных предприятиях авиационной промышленности, например, в АО «КТ - Беспилотные системы», АО «Навигатор», АО «Кронштадт», АО «Концерн «Калашников», АО «УЗГА» при разработке систем автоматического управления БПЛА.

Замечания к диссертационной работе

1. (С. 19). В диссертации делается вывод, что для обсуждаемых задач воздушного патрулирования приграничных территорий наиболее перспективны легкие БПЛА. Заметим, что для этого типа беспилотников данные по летным характеристикам согласно UVS International и Российской универсальной классификации заметно различаются – соответственно 30-70 км и 70–150 (250) (легкие БПЛА среднего действия). Этот фактор не отражен в материале главы 1.

2. (С. 37-38). Неясно назначение раздела 1.8. (Патрулирующие рои беспилотников). Проблема патрулирования роем интересна, но, по существу, в диссертации не анализируется.

3. (С. 49-51). Машина Дубинса подразумевает плоское движение мобильного объекта - это обстоятельство следует учитывать при выборе способа формирования траектории полета БПЛА.

4. (С. 85). Предложенный в диссертации метод решению MTSP на основе геопространственной кластеризации зон патрулирования описывается на стр. 85-86, далее на стр. 86-89 приводится пример оптимальной маршрутизации полета беспилотников (при патрулировании островов архипелага Чыонгша). Из приведенного примера видно, что предлагаемый метод кластеризации не дает равномерного (по формируемым турам) распределения полетных заданий в группе беспилотников, так что для практического применения данного метода необходима его дальнейшая теоретическая и алгоритмическая доработка.

5. (С. 107-108). В научных публикациях российских авторов практически не затрагивается тема нейронных сетей Wavelet-Attention. Материал представленной диссертации весьма сжато и поверхностно поясняет работу сверточных сетей данного типа.

Заключение

В целом, диссертация Нгуен Тхань Конга является законченной научно-квалификационной работой и выполнена автором на высоком

научном уровне, содержит новые научные результаты, полученные с применением современных методов системного анализа, вычислительной математики, оптимизации, компьютерного зрения, искусственного интеллекта, математического и компьютерного моделирования.

Тема и содержание диссертации соответствуют специальности 2.3.1. – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика. Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации.

Диссертация соответствует требованиям ВАК России, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 2.3.1. – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика, а ее автор – Нгуен Тхань Конг – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация и отзыв рассмотрены и обсуждены на заседании подразделения 2200 ФАУ «ГосНИИАС» протокол №19 от 27 октября 2025 года.

Заместитель генерального директора
– руководитель научного комплекса,
д.т.н, профессор РАН



Сельвесюк Николай
Иванович

Начальник лаборатории, к.т.н



Грешников Иван
Игоревич

Федеральное автономное учреждение «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем» (ФАУ «ГосНИИАС»),
подразделение 2200, Москва, ул. Викторенко, 7к2. info@gosniias.ru; +7 (499) 157-70-47