

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗАДАЧ ОБНАРУЖЕНИЯ И УСТРАНЕНИЯ ПОЖАРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

AUTOMATION OF FIRE DETECTION AND ELIMINATION TASKS USING UNMANNED AIRCRAFT

R. Bikbulatov
M. Safin

Summary. The number of seasonal fires and destroyed hectares of forest increases annually. In this regard, the task associated with the use of innovative tools to solve this problem is being updated. The purpose of the presented article is to analyze the possibility and form requirements for automating the tasks of detecting and eliminating forest fires using unmanned aerial vehicles. As a result of the work, the need to use the advanced achievements of scientific and technological progress to solve the presented problem is actualized, and requirements for the use of unmanned aerial vehicles for conducting operations to detect and eliminate fires are formed. The materials of the article have practical value, expressed in the possibility of creating real prototypes of unmanned aerial vehicles based on the presented requirements and their practical application to solve the described tasks.

Keywords: unmanned aerial vehicle, automation, fire extinguishing, forest fire, detection, elimination of fires, innovative tools, monitoring, complex analysis.

Бикбулатов Радмир Ильдарович

Казанский Государственный
Энергетический Университет
bikbulatov77777@mail.ru

Сафин Марат Абдулбариевич

Кандидат технических наук, доцент, Казанский
Государственный Энергетический Университет
Cmvorkut@mail.ru

Аннотация. Ежегодно увеличивается количество сезонных пожаров и уничтоженных гектаров леса. В связи с этим актуализируется задача, связанная с использованием для решения данной проблемы инновационных инструментов. Цель представленной статьи заключается в проведении анализа возможности и формировании требований к автоматизации задач обнаружения и устранения лесных пожаров с использованием беспилотных летательных аппаратов. В результате работы актуализируется необходимость использования передовых достижений научно-технического прогресса для решения представленной задачи, а также формируются требования к использованию беспилотных летательных аппаратов для проведения операций по обнаружению и устранению пожаров. Материалы статьи имеют практическую ценность, выражающуюся в возможности создания реальных прототипов беспилотных летательных аппаратов на основе представленных требований и их практического применения для решения описываемых задач.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, автоматизация, тушение пожаров, лесной пожар, обнаружение, устранение пожаров, инновационные инструменты, мониторинг, комплексный анализ.

Введение

Пожары являются самым разрушительным видом чрезвычайных ситуаций. При этом в течение последних лет наблюдаются тенденции к увеличению количества его очагов и последствий. Одними из наиболее опасных последствий является не только уничтожение лесных массивов, но и человеческие жертвы. По данным Росстата, до 2022 года наблюдалось повышение количества пожаров. И только предварительные данные за 2023 год свидетельствуют о снижении этого числа. Это свидетельствует о нестабильной ситуации и необходимости создания новых мер по предотвращению и борьбе с пожарами.

Одним из актуальных направлений развития данного вопроса является создание инновационных аппаратов, способных круглосуточно производить мониторинг лесных массивов и частных секторов для фиксации возгорания или отслеживания динамики распространения уже

возникших пожаров. Важно подчеркнуть, что необходимо создание разнонаправленной технологии, способной решать целый круг задач, связанных с обнаружением и устранением пожаров [1].

В качестве одного из решений данной проблемы предполагается использование специально-оснащенных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). В рамках текущей статьи рассматриваются основные аспекты и требования, предъявляемые к БПЛА, для возможности решения на основе их использования широкого круга рассматриваемых задач. Важно отметить, что основными аспектами решения проблемы на основе предлагаемой технологии, являются алгоритмические основы управления БПЛА, а также их аппаратное и программное оснащение [2].

Результаты и их обсуждение

Использование БПЛА для решения проблем, связанных с обнаружением и устранением пожаров, является

достаточно новым направлением развития современного научно-технического прогресса. Беспилотные летательные аппараты представляют собой инновационный инструмент для борьбы с пожарами ввиду ряда ключевых особенностей. В первую очередь, БПЛА способны вести круглосуточный мониторинг вне зависимости от погодных условий и времени суток. Помимо этого, необходимое аппаратно-программное оснащение БПЛА дает возможность обнаружения небольших пожаров на начальной стадии [3].

Также важно отметить, что беспилотные летательные аппараты способны вести мониторинг местности больших площадей без участия человека. Это значительно автоматизирует процессы и снижает риски для людей, работа которых связана с выполнением этих же самых задач. Однако для возможности повсеместного использования БПЛА для решения таких задач необходимо провести комплексный анализ требований к аппаратно-программному оснащению и алгоритмическому взаимодействию групп летательных аппаратов в воздухе [4].

В качестве первой задачи будет рассмотрен алгоритм взаимодействия и расположения нескольких БПЛА в воздухе. Мониторинг пожаров должен производиться по всей площади исследуемой местности. Необходимо исключить места, которые не будут исследованы беспилотными аппаратами. Для такой возможности необходимо использование алгоритма «пчелиная колония». Так, вместо сканирования всеми БПЛА одной и той же площади местности может быть использован принцип использования разведчиков с целью уточнения информации. На рис. 1 представлена схематичная интерпретация взаимодействия БПЛА на основе данного алгоритма:

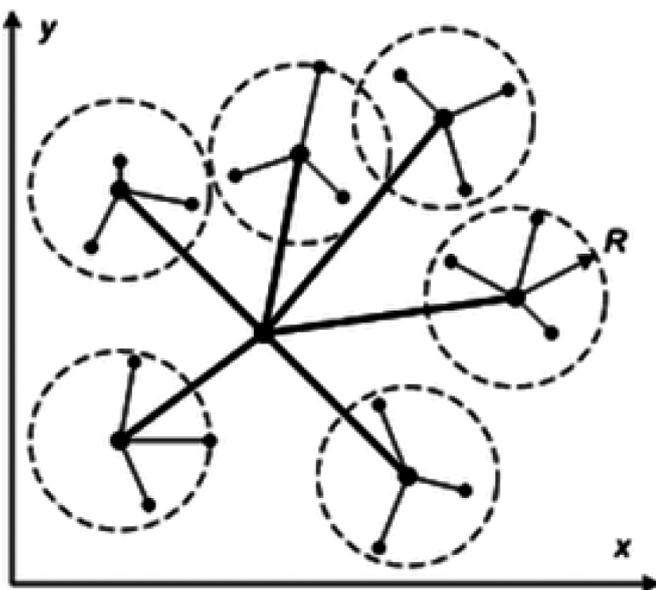


Рис. 1. Алгоритмическая интерпретация взаимодействия БПЛА

Основой эффективного взаимодействия группы БПЛА является определение скорости. Скорость должна определяться в соответствии с заданным расположением позиций. При этом учитываются два параметра — персональная наилучшая позиция (ПНП) и глобальная наилучшая позиция (ГНП). Далее представлено уравнение, связывающее скорость и данные позиции [5]:

$$u_n^{i+1} = w * u_n^i + c_1 rand(x)(p_n - x_n) + c_2 rand(x)(g_n - x_n)$$

где u_n^i — скорость БПЛА в n -том измерении на предыдущем шаге, x_n — это координата частицы в n -том измерении, c — влияние других БПЛА, p_n — ПНП, g_n — ГНП.

На рис. 2 изображена алгоритмическая интерпретация работы описываемого метода взаимодействия группы БПЛА в воздухе.

Реализация данного алгоритма позволит наиболее оптимально распределять БПЛА в пространстве. Фактически, оптимальное распределение группы БПЛА сводится к задаче минимизации использования ресурсов при максимизации исследуемого пространства. На основе представленного алгоритма будет достигнут захват всей исследуемой территории при наименьших затратах [6].

В качестве программной реализации для сканирования местности необходимо использование специальных методов. Наиболее подходящим в рамках данной задачи является метод Template Matching (сопоставление шаблонов). Его принцип работы заключается в следующем:

1. Подготовка шаблона. Сначала создается шаблонное изображение, представляющее собой небольшой фрагмент известной местности без пожара, то есть «нормальной» местности.
2. Сканирование изображения. Алгоритм Template Matching сканирует большое изображение (например, аэрофотоснимки местности, сделанные с БПЛА) с помощью окна, которое перемещается по всей поверхности. Это окно имеет те же размеры, что и шаблон.
3. Сравнение шаблона и фрагментов изображения. Для каждого положения окна алгоритм сравнивает содержимое окна с шаблоном, используя различные метрики сходства, такие как сумма квадратов разностей (Sum of Squared Differences, SSD) или кросс-корреляция [5].
4. Выделение совпадений. Если метрика сходства между шаблоном и фрагментом изображения удовлетворяет определенному пороговому значению, то это место считается подозрительным на наличие пожара.
5. Маркировка областей пожаров. Области совпадений могут быть маркированы или выделены на изображении как потенциальные очаги пожаров [7].

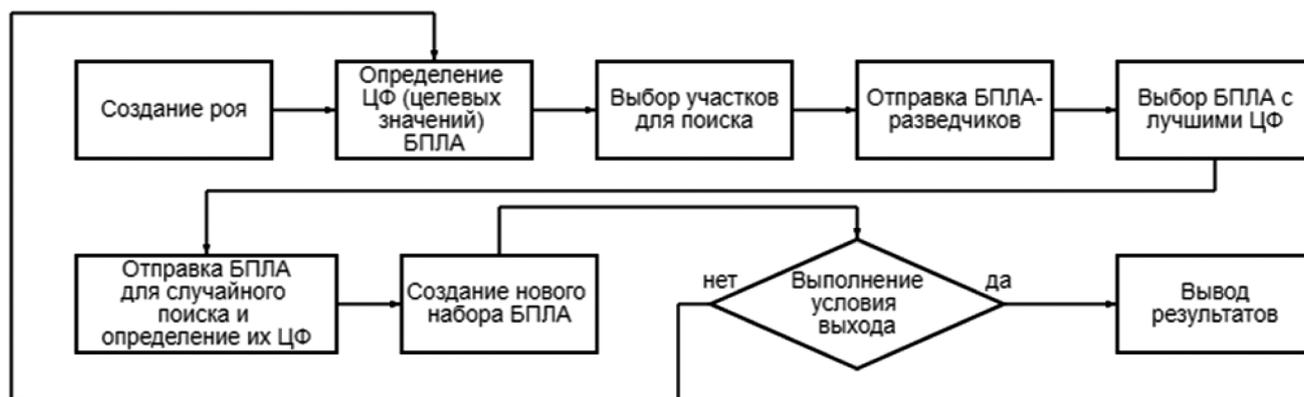


Рис. 2. Алгоритм взаимодействия группы БПЛА в воздухе

Заключительной частью формирования требований к БПЛА является аппаратное оснащение. Для выполнения задачи по обнаружению пожаров необходимо наличие таких составляющих, как камера, антенна БПЛА, наземная антенна и микропроцессор. В таблице 1 представлен перечень полных требований к аппаратно-программному оснащению БПЛА, требуемых для эффективного решения задачи по обнаружению очагов возгорания.

В качестве базового БПЛА для решения данных задач и возможности его дооснащения представленными требованиями к аппаратно-программной части необходимо взять модель российского производства груп-

пы компаний «Беспилотные системы» Supercam-350. Данная модель беспилотного летательного аппарата уже имеет встроенную камеру высокого разрешения, полученные снимки с которой могут быть обработаны представленными методами для получения наиболее объективных результатов. Также важно отметить, что универсальная конструкция данного БПЛА предусматривает возможность интеграции широкого спектра приборов и устройств на своем борту [8].

На рис. 3 представлена конструкция данного беспилотного летательного аппарата.

Соблюдение представленных требований к материально-техническому оснащению БПЛА является основой

Таблица 1.

Требования к аппаратно-программной составляющей БПЛА

| № п/п | Техническое решение | Вид аппаратно-программного обеспечения | Назначение | Требования | Пример |
|--|---|--|--|---|-------------------------------|
| Этап: «Непрерывный мониторинг» | | | | | |
| 1 | Инфракрасная камера высокого разрешения | Техническое устройство | Регистрация изображений (получение фотографий); сканирование местности на вопрос наличия разности температур | Минимальное разрешение 640x512 | DayCor Compact |
| 2 | Антенны для БПЛА | Приемо-передающее устройство | Связь и организация положения в пространстве с другими БПЛА | Диапазоны частот: 1800 МГц, 2.4ГГц Коэффициент усиления: 4–10дБ Быстросъемное подключение | ForaAS1225 Tallysman HC871 |
| Этап: «Детектирование аномалий» | | | | | |
| 3 | Микропроцессор | Аппаратное обеспечение | Хранение информации и осуществление программных операций | Четырех-ядерный процессор Жесткий диск объемом 4Гб | ICE-BT COM Express T10 |
| 4 | Инструмент обработки изображений | Программное обеспечение | Фотограмметрическая обработка данных | Возможность уменьшения дисперсии с целью увеличения контрастности полученного изображения | TrimbleUASMaster |
| Общие требования | | | | | |
| 5 | Наземная антенна | Приемо-передающее устройство | Увеличение дальности работы систем связи относительно штатных антенн | Диапазоны частот: 920 МГц, 1250 МГц, 1800 МГц, 2.4 ГГц Коэффициент усиления: 13–25 дБ | ФАР СТ-НФ-2LTFMxx |

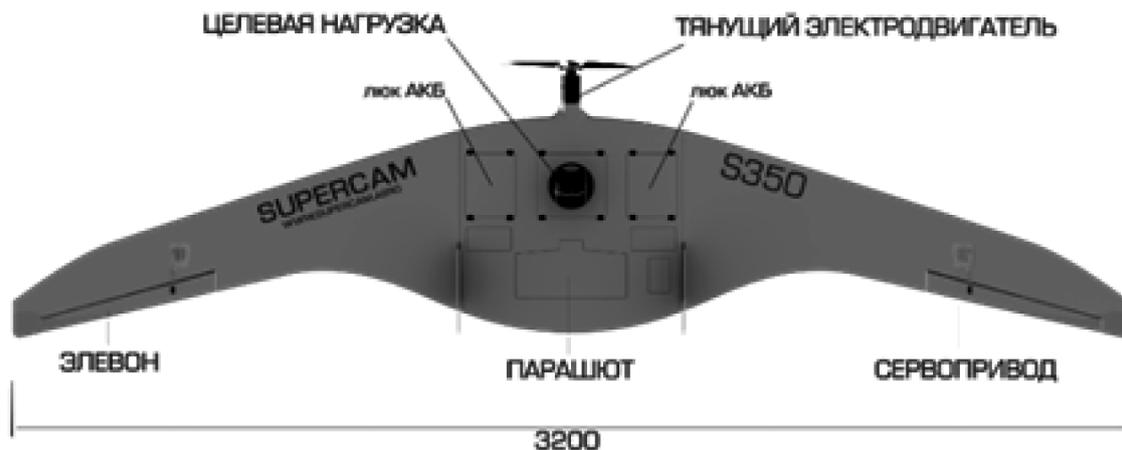


Рис. 3. Конструкция БПЛА Supercam-350

в создании наиболее эффективных решений БПЛА для решения задач по обнаружению и устранению пожаров. При этом используемые методы обработки изображений представляют возможность получения результатов сканирования в режиме реального времени с минимальной задержкой. Это позволит ведомствам принимать оперативные меры по ликвидации очагов возгорания [9].

Выводы

Таким образом, основной целью представленной статьи являлась автоматизация задач обнаружения и устранения пожаров с использованием БПЛА. Для достижения цели определена роль и актуальность применения БПЛА, а также приведены основные требования к аппаратно-программному оснащению данных аппаратов. Также в работе предложена алгоритмическая интер-

претация регулирования расположения группы БПЛА в воздухе для максимизации исследуемой территорией с минимизацией затрачиваемых ресурсов. На заключительном этапе сделан выбор в сторону использования в качестве базы для оснащения и использования в решении описываемых задач БПЛА типа Supercam-350.

В заключение необходимо отметить, что именно БПЛА представляют наиболее оптимальный инструмент для решения различных задач автоматизации по исследованию местности. При этом задачи могут сводиться не только к обнаружению пожаров, но и иных аномалий на местности, примером которых может стать утечка нефти, анализ природных катаклизмов и иные. В рамках представленной работы сформирован полный набор требований и обоснована необходимость использования БПЛА для задач по обнаружению пожаров [10].

ЛИТЕРАТУРА

1. Картеничев А.Ю., Панфилова Е.В. Технологии тушения пожаров с использованием беспилотных летательных аппаратов // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2019. №10. С. 149–151.
2. Таранцев А.А., Чикитов Ю.И. Модель применения беспилотных летательных аппаратов в целях тушения крупных лесных пожаров в зоне применения наземных сил и средств // Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России». 2016. №2. С. 21–27.
3. Калашников А.А. Применение беспилотных летательных аппаратов при тушении лесных пожаров (на примере Самарской области) // Academy. 2018. №12 (39). С. 23–25.
4. Xiaofan S.P., Vasiliev M.A., Zybina O.A. Prospects for the use of miniature unmanned aerial vehicles in robotic fire detection and extinguishing systems // Scientific and Analytical journal «Bulletin of the St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia». 2022. No. 2. pp. 17–24.
5. Сафаров И.М., Валеев З.Н., Шумаев Т.А. Проектирование автоматизированных систем управления технологическими процессами с применением методов теории графов // Инженерный вестник Дона №4(51) 2018.
6. Середа Э.А., Аксенов С.Г. Применение беспилотных авиационных систем при тушении лесных пожаров // Экономика строительства. 2023. №8. С. 34–37.
7. Скуднева О.В., Коптев С.В., Иванцов С.В. Навигационно-пилотажная система беспилотного летательного аппарата для мониторинга лесных пожаров // Известия ВУЗов. Лесной журнал. 2020. №6 (378). С. 194–207.
8. Shimon N.S., Korolev A.V. Optimization of the flight path of a UAV over a forest area during thermal imaging of a fire or search for people // Modern technologies for civil defense and emergency response. 2016. No.1 (7). pp. 385–388.
9. Ермилов А.В., Дормидонтов А.В. Применение беспилотных летательных аппаратов при изучении пожарно-тактических дисциплин // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2016. №1 (7). С. 26–28.
10. Сафин М.А., Бикбулатов Р.И., Пирогова А.М. Повышение эффективности автоматической идентификации разливов нефти с помощью беспилотных летательных аппаратов // Инженерный вестник Дона №12(2022)

© Бикбулатов Радмир Ильдарович (bikbulatov7777@mail.ru); Сафин Марат Абдулбариевич (Cmrvorkut@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»