

УДК 528.71

РАЗРАБОТКА БПЛА МУЛЬТИКОПТЕРНОГО ТИПА ДЛЯ ПОИСКА ЛЮДЕЙ В ЛЕСНЫХ МАССИВАХ

П.М. Трефилов (petetrfi@gmail.com)
Институт Проблем Управления, Москва

Р.В. Мещеряков
Институт Проблем Управления, Москва

А.В. Чехов
Институт Проблем Управления, Москва

Аннотация. В статье рассмотрена возможность применения БПЛА для поиска человека в лесных массивах. Приведен анализ существующих решений, предложена своя концепция. Описаны преимущества предложенной концепции и алгоритм действий.

Ключевые слова: поиск человека, БПЛА, распознавание людей, мультикоптер.

Введение

По данным МВД, в России ежегодно в розыске находятся свыше 120 тысяч без вести пропавших [Владыкина, 2012]. Настолько большая цифра обусловлена не только похищением людей, но и заблудившимися людьми в лесу. Технология поиска пропавшего человека – это методичное привлечение внимания. Вместе с тем, прочесывание леса поисковым отрядом, составленным, как правило, из добровольцев – длительный и ресурсоемкий процесс, что ограничивает его применение, особенно в отдалённых районах, на больших площадях и в сложных погодных условиях. В подавляющем большинстве случаев, люди, которые прочесывают лес – это добровольцы или волонтеры. К сожалению, на сегодняшний день – это единственный надежный способ для поиска человека. Иногда службы спасения применяют вертолеты, но в условиях лесных массивов довольно сложно разглядеть человека под кромкой деревьев. Для того, чтобы человек был замечен вертолетом – ему необходимо выйти на равнинную местность, не закрытую деревьями и подать сигнал. Из-за того, что подъем вертолета не гарантирует успех в

поисковой операции и ресурсозатратен – его применяют в исключительных случаях.

К сожалению, поиск людей – это операция, которая требует очень большого количества людей, терпения, сноровки, а также достаточной материальной основы: вода, еда, спецодежда для различных погодных условий и др.

1 Применение беспилотных летательных аппаратов для поисковых работ

1.1 Постановка задачи

Для вывода технологии поиска людей на новый уровень, с минимизацией ресурсов и привлечения добровольцев компания «АФК СИСТЕМА» проводит конкурс Одиссея [Томчук 2018]. Задачей конкурса, в рамках которого выполняется проект – является создание устройства или технологии, способных обнаружить точные координаты местонахождения пропавшего человека в радиусе не менее 10 км в природной среде (лес) в течение не более 10 часов при отсутствии источников связи, вне зависимости от времени суток и погодных условий.

1.2 Подход к решению

Оптимальным решением поставленной задачи может стать применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Применение БПЛА значительно дешевле, чем взлет вертолета или использование самолета. Управление БПЛА не требует большого количества людей и возможна автоматизация процесса поиска человека. Площадь обследуемых площадей значительно превышает ту, которую сможет пройти поисковая группа людей.

На сегодняшний день разделяют два вида управления БПЛА – ручное и автоматическое.

При использовании БПЛА в ручном режиме возможно точное обследование необходимой местности. Такой метод не исключает человеческого фактора, например, неправильная команда способна привести к полемке. Поэтому главной сложностью при применении подобного БПЛА – наличие квалифицированного оператора, способного управлять объектом.

В автоматическом режиме БПЛА задается команда, которую он выполняет без участия оператора, например, облет леса. Для использования БПЛА с автоматическим управлением необходимо задать обследуемую область, а также предполагаемый маршрут. Таким образом возможно исключение необследованных зон.

Для повышения точности в поисковых операциях с применением БПЛА возможно применение технических устройств таких, как тепловые визиры или Инфракрасные (ИК) визиры. Их применение позволит обнаружить человека издалека, а применимые визиры способны работать как днем, так и ночью.

Ключевым недостатком при использовании визиров является отражение и обратное рассеяние от среды (запыленность воздуха, дождевые капли, снег, туман), особенно в ближней зоне, когда размеры снежинок капель сравнимы с апертурой объектива. Это ограничивает их применение при облете леса, особенно в жаркое время года. Листья деревьев, нагретые солнечным светом, не позволят сенсорам визировать земную поверхность.

Для того, чтобы исключить этот недостаток необходимо применение БПЛА под кромкой лесного массива. Такое применение накладывает ряд ограничений на БПЛА.

В первую очередь, это ограничения по габаритным характеристикам. Аппарат не должен быть громоздким и обладать достаточной маневренностью для предотвращения столкновений. В данном случае оптимальным решением будет использование БПЛА мультикоптерного типа.

Значительно усложняется управление БПЛА в ручном режиме. Сложность при маневрировании ограничивает скорость полета летательного аппарата, что сказывается на размере обследуемой территории, а незамеченная оператором ветка дерева может стать фатальной для БПЛА.

При применении БПЛА с автоматической системой управления необходимо разработать такой комплекс пилотажно-навигационного оборудования, который бы позволял заметить препятствия и принять меры для предотвращения столкновения.

2 Принцип работы БПЛА

Для реализации поставленной задачи командой «GoFPV 2019» ведется разработка прототипа модели, в которой применяется рой БПЛА мультикоптерного типа с автоматической системой предупреждения столкновений. Такой подход позволяет увеличить скорость прочесывания леса, а также уменьшит риски поисковой миссии при выходе из строя одного из аппаратов.

2.1 Методика

Для реализации описанного сценария требуется, по предварительной оценке, 8-10 БПЛА мультикоптерного типа и 2 оператора с ноутбуками, находящиеся на противоположных сторонах прочесываемого квадрата.

Задачи операторов – запустить БПЛА, заменить аккумулятор и карту памяти прилетевшего, запустить новый БПЛА в случае потери одного из роя, запустить обработку снятых материалов на ноутбуке с нейросетью, сигнализировать об обнаружении человека по результатам обработки видео. Описанный метод изображен на рисунке 1.

В качестве дополнительной меры повышения надежности и сокращения времени поиска прорабатываются варианты трансляции видеопотока на рабочую станцию для распознавания нейросетью и мониторинга оператором.

БПЛА летят автономно по GPS в соответствии с составленным для них полетным заданием. Маршрут и высота могут варьировать, в зависимости от характера местности (возможно применение эвристик, сокращающих время полета).

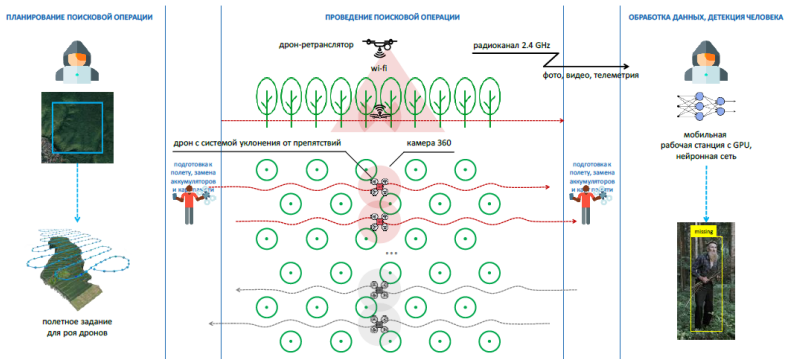


Рис. 1. Схема работы БПЛА команды «GoFPV 2019».

2.2 Система предупреждения столкновения от препятствий БПЛА

Как было описано ранее, БПЛА должен обладать автоматической системой управления. Для этого мультикоптер оборудован полетным контроллером Pixhawk 4. Оператор формирует полетное задание – это прямая траектория с набором ключевых точек, расположенных в 100 м друг от друга. БПЛА движется по траектории от точки к точке, тем самым выполняя задание. Расположенные точки имеют допустимую область 3 метра, а также не имеют привязки по высоте, так как невозможно учесть рельеф местности.

БПЛА совершает полет под кромкой леса, поэтому необходимо применять такую систему предотвращения столкновений, которая должна

быть быстродейственной, точной и надежной. Алгоритм уклонения от препятствий должен заблаговременно обнаруживать даже мелкие ветки, а уклонение должно быть оперативным.

Для реализации системы предотвращения столкновений применяется стереокамера Intel Realsense D435 [Carrio et al., 2018]. С помощью камеры формируется карта глубин местности. Затвор камеры имеет угол обзора $85,2^\circ \times 58^\circ$ и дальность до 10м. Камера расположена на фронтальной части БПЛА, а угол ее обзора позволяет получать достаточную карту глубины для прямолинейного движения. Измерения должны проводиться постоянно при перемещении БПЛА, а вычислитель должен учитывать вибрации, которые возникают как при движении мультикоптера, так и при неточности измерений стереокамер.

Для уклонения от препятствий применяется метод потенциальных полей [Медведв и др., 2017]. Его суть состоит в следующем: мультикоптер принимается за материальную точку в пространстве с нулевым потенциалом. Следующая ключевая точка в полетном задании имеет притягивающее потенциальное поле, а каждое препятствие создает отталкивающее потенциальное поле, сила которого обратно пропорциональна расстоянию до него. Таким образом, БПЛА двигается в результирующем направлении.

Алгоритм работы системы предупреждения столкновений представлено на рисунке 2.

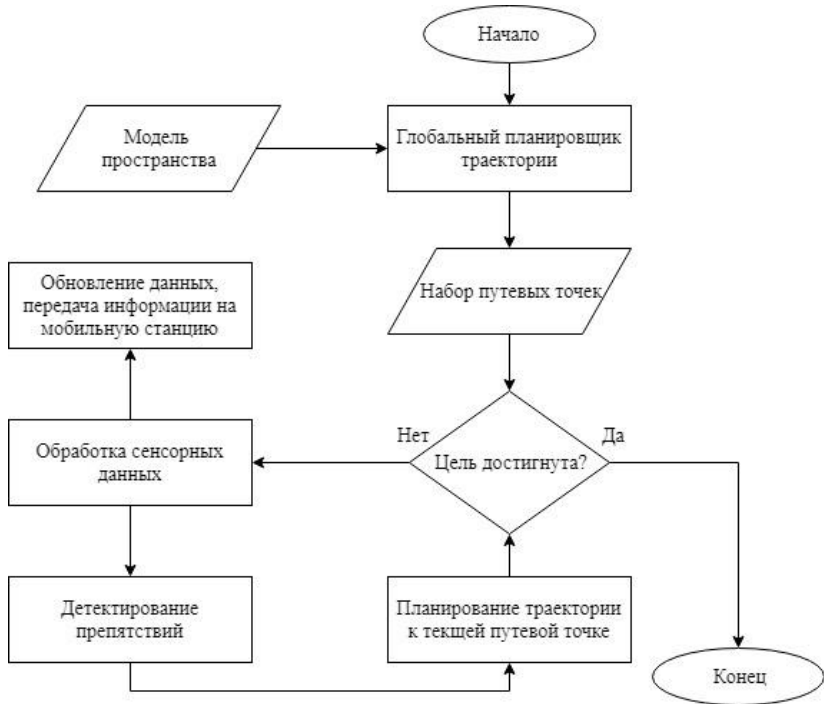


Рис. 2. Алгоритм работы системы предотвращения от препятствий

2.3 Групповое управление

В полетном контроллере головного устройства заданы метки, по которым должен передвигаться мультикоптер. На данном этапе ведутся тестирования с помощью имитационного моделирования [Галин, 2018]. Через порты MAVLink передается информация о местоположении GPS от «главного» БПЛА к остальным. Главным БПЛА выступает центральный мультикоптер в цепи. Положение GPS «главного» БПЛА корректируется с помощью установленного смещения, а затем отправляется остальным в виде серии динамических путевых точек. Таким образом, все БПЛА будут следовать за «главным» на заданных расстояниях смещения.

При выходе из строя «главного» БПЛА его роль занимает ближайший ЛА.

3 Алгоритм распознавания людей

В качестве поиска людей применяется подвешенная к БПЛА камера на стабилизированной платформе. С помощью нейронных сетей камера

распознает образы человека [Dwivedi 2019]. Обучение нейронной сети происходит с применением размеченного датасета [Joseph et al., 2018]. Из него выделяются кластеры для распознавания человека, чтобы не перегружать вычислитель другими элементами. Обучение сверточной нейронной сети происходит с помощью алгоритма обратного распространения ошибки. Примеры распознавания представлены на рисунке 3.



Рис. 3. Примеры распознавания людей

При обнаружении человека БПЛА сигнализирует оператору о найденном совпадении. Человек верифицирует полученные данные, после чего принимается решение о продолжении или окончании поисковой операции.

4 Заключение

Поиск человека трудозатрадная и энергоемкая задача. Значимость работы крайне высока, а решаемая задача является в нашей стране острой и актуальной. Предложенный метод решения имеет значительное преимущество по сравнению с вертолетом или цепочкой людей. Командой «GoFPV 2019» уже реализован подход к определению человека, ведутся тестирования системы предотвращения столкновений. В дальнейшем планируется выполнение обработки видео на борту, повышения автономности БПЛА для того, чтобы не было необходимости во втором операторе, а также возможность использования привязной платформы для обеспечения связи и формирования локальной системы навигации.

Благодарности. Авторы считают своим приятным долгом поблагодарить участников Школы Дронов Московского Авиационного Института.

Список литературы

[Владыкина, 2012] Владыкина Т. [Российская газета - Федеральный выпуск № 221\(5894\)](https://rg.ru/2012/09/26/poisk.html). – <https://rg.ru/2012/09/26/poisk.html>

[Галин, 2018] Галин Р.Р. Виртуальный полигон для эффективного взаимодействия роботов в многоагентной робототехнической системе // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. – № 6 (86), Часть II. – 2018. С. 112-118.

[Исхаков и др. 2018] Исхаков А.Ю., Диане С.А., Исхакова А.О. Разработка мультиагентной технологии экологического картографирования мегаполиса // Труды 2-й Международной научной конференции "Модели мышления и интеграция информационно-управляющих систем" (ММИУС - 2018, Нальчик-Терскол). Нальчик - Терскол: Редакционно-издательский отдел КБНЦ РАН, 2018. С. 145-151.

[Медведев, 2018] М.Ю. Медведев, В.С. Лазарев Метод планирования движения группы подвижных объектов с использованием динамических репеллеров и целераспределения // Научный вестник НГТУ том 66, № 1, 2017, с. 41–52

[Томчук, 2018] Томчук Д. – Руководитель конкурса Одиссея - <https://www.odyssey.community/>

[Brett et al., 2017] Brett T. Lopez, Jonathan P. Aggressive 3-D Collision Avoidance for High-Speed Navigation // IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA) Singapore, May 29 - June 3, 2017

[Carrio et al., 2018] Adrian Carrio, Sai Vemprala, Andres Ripoll, Srikanth Saripalli, Drone Detection Using Depth Maps // Pascual Campoy IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2018), Madrid, Spain

[Dwivedi, 2019] Priya Dwivedi Pedestrian detection in Aerial Images using RetinaNet - <https://towardsdatascience.com/@priya.dwivedi>

[Joseph et al., 2018] Joseph Redmon, Ali Farhadi YOLOv3: An Incremental Improvement // University of Washington