

АВТОНОМНЫЙ ПОЛЁТ БПЛА КАК СПОСОБ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ПОЛЁТА

Бавбель Е.И.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Алексеев В.Ф. – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Автономное парение представляет собой уникальный набор задач, когда летательный аппарат должен автономно идентифицировать источники энергии в поле ветра и генерировать траектории, чтобы использовать эти условия для сбора энергии. Исследуются основные механизмы парящего полета и описываются методы создания траекторий с накоплением энергии для разведки, сбора информации и патрулирования с использованием нескольких самолетов. Также рассмотрен вариант с дозаправкой в воздухе, как дополнительный подход к увеличению продолжительности полета.

Ключевые слова: БПЛА, автономный полёт, механизмы парящего полета, динамическое парение, статическое парение, запас летательного аппарата, разведка с несколькими планируемыми транспортными средствами

Введение. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) используются в самых разных сферах. Большинство из них по-прежнему ограничены в своей выносливости необходимостью бортового хранения энергии для движения. Тем не менее, недавние исследования были направлены на то, чтобы подчеркнуть эту проблему, изучив методы увеличения продолжительности полета путем сбора энергии во время полета. Существует два различных подхода к этой проблеме. Во-первых, это прямой и постоянный захват энергии из окружающей среды транспортного средства, такой как парение в ветре или сбор солнечной энергии с использованием солнечных панелей. Во-вторых, это высвобождение запасов энергии от других транспортных средств с использованием дозаправки в воздухе или подзарядки [1].

В статье автором показаны основные механизмы парящего полета и описаны методы генерации энергии, набирающей траектории для разведки, сбора информации и патрулирования с несколькими летательными аппаратами.

Основная часть. Парение – это процесс использования ветра для сбора энергии. Парение было обнаружено, когда было отмечено, что некоторые птицы способны летать в течение длительных периодов времени, не взмахивая крыльями и, казалось бы, без потери скорости полета или высоты. Ранние аэродинамические исследования показали, что энергия должна быть потеряна для сопротивления любым объектом, движущимся через жидкость. Таким образом, было определено, что, поскольку птицы непосредственно не расходуют энергию, они должны улавливать энергию ветра [2]. Этот процесс известен как парение. Есть два основных метода захвата энергии в ветре: статическое парение и динамическое парение. Статическое парение – это процесс полета по воздуху, который поднимается относительно земли. Этот метод используется как птицами, так и пилотируемые планерами там, где имеются естественные источники поднимающегося воздуха [3]. Термальные явления возникают, когда область земли нагревается (обычно солнцем) до более теплой температуры, чем окружающая среда. Теплый воздух, менее плотный поднимается по отношению к более прохладному, и летательный аппарат, который летит в поднимающемся потоке, будет собирать образовавшуюся энергию (рисунок 1).

Динамическое парение использует траектории через распределение скорости ветра (сдвиг ветра) для получения повышенной кинетической энергии (рисунок 2). Это часто выполняется циклически, при этом энергия, полученная в каждом цикле, используется для путешествий перед началом следующего цикла. Этот метод был первоначально обнаружен для использования птицами, такими как альбатросы, над океаном [4].

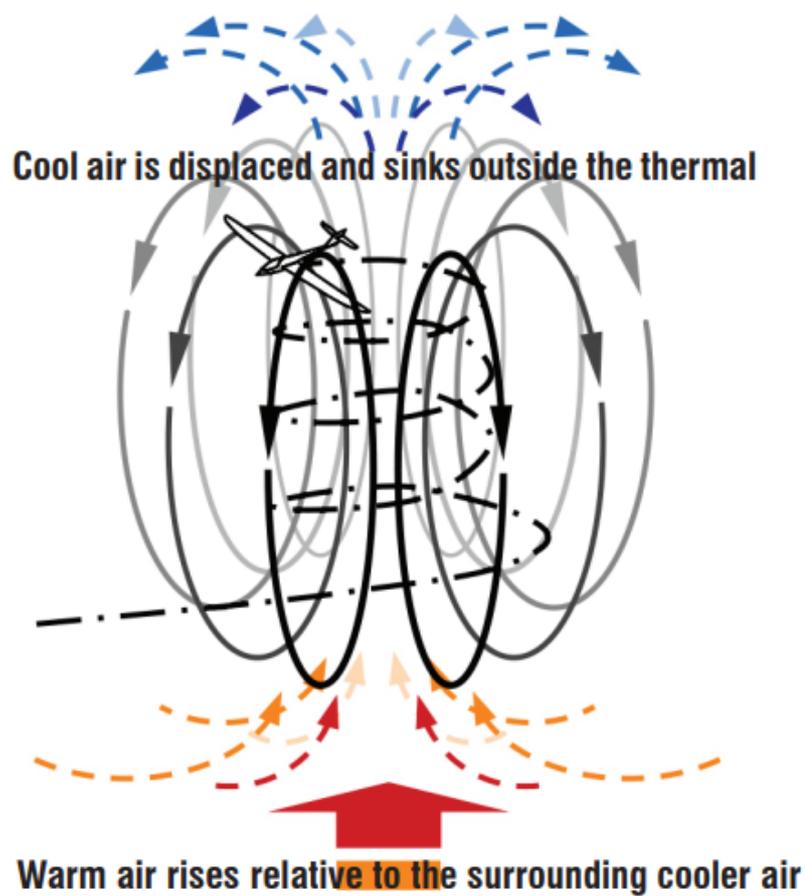


Рисунок 1 – Статическое парение в тепловом потоке Динамическое парение в сдвиге ветра

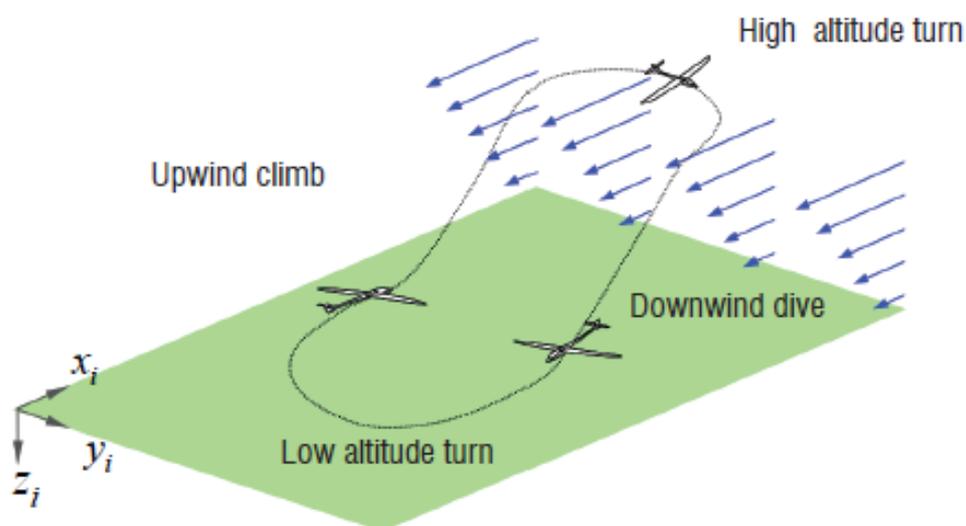


Рисунок 2 – Динамическое парение в сдвиге ветра

Динамическое парение обычно требует хорошего знания ветрового поля для расчета траекторий, которые приводят к увеличению энергии. Естественными источниками сдвига

ветра являются пограничные слои, которые возникают над поверхностями (такими как земля или океан), сдвиг, генерируемый потоком вокруг окружающей среды (см. рисунок 2) [4].

Альтернативой улавливанию энергии из окружающей среды является пополнение запасов летательного аппарата во время полета. Дозаправка в воздухе использовалась для продления продолжительности полета пилотируемых самолетов на протяжении десятилетий. Это происходило почти исключительно в военном пространстве, где используются две стратегии. При дозаправке зонда и дрога, дрог разворачивается за танкером, и пилот направляет зонд приемника для контакта. Дозаправка требует, чтобы пилот держался ровно по отношению к самолету-заправщику, в то время как оператор-человек перемещается по аэродинамически управляемой стреле для контакта с розеткой приемника. Из-за операций в непосредственной близости, требуемых этими методами, процедура по своей сути опасна и требует значительной подготовки пилотов, практики и навыков [5].

С недавним всплеском числа действующих БПЛА, автоматизация этой процедуры является естественным следующим шагом и не ограничивается военным пространством или даже большими БПЛА. На сегодняшний день полностью автономная дозаправка в воздухе между двумя БПЛА не была продемонстрирована. Хотя эта процедура включает в себя множество этапов, главным барьером на пути к успеху, обычно считаются проблемы зондирования и навигации, связанные с плотным полетом формирования. Здесь разделение определяется как менее одного размаха крыльев и в некоторых случаях может составлять всего несколько метров [5].

В статье рассматривается выполнение разведки с несколькими планирующими транспортными средствами. Это особенно применимо к проблемам мониторинга больших площадей, где преимущества длительной выносливости и нескольких транспортных средств легко сдаются в аренду. Однако системы с несколькими БПЛА создают некоторые трудные проблемы, связанные с координацией и распределенным принятием решений. Рассмотрим проблему, где цель состоит в том, чтобы постоянно распределять наблюдение за целью, сводя к минимуму время обновления или период между последовательными посещениями всех позиций в этом районе [6].

Расширение проблемы для рассмотрения планирующих БПЛА, которые требуют регулярного пополнения запасов энергии, нетривиально. Для координации планеров требуется стратегия совместного патрулирования таким образом, чтобы цели можно было оптимизировать [6]. Для решения этой проблемы предлагается стратегия секционирования, поскольку она позволяет учитывать коммуникативные ограничения и планеры с различными возможностями. Проблема разделена таким образом, что каждый планер отвечает за патрулирование различных неперекрывающихся областей, а термальные источники связаны с регионами, в которых они расположены. При этом местоположение и состояние источников можно рассматривать как ресурсы, подлежащие совместному использованию БПЛА в зависимости от их возможностей. К этому можно подойти как к проблеме динамического распределения ресурсов для присвоения тепловых характеристик наиболее подходящему планеру, чтобы все планеры сохраняли достаточную энергию для непрерывного полета.

В последние годы благодаря прогрессу в обработке изображений с использованием глубокого обучения стала возможной навигация автономных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) на основе распознавания изображений. Однако несколько методов глубокого обучения на основе изображений ориентированы в первую очередь на однозадачные автономные системы БПЛА, которые не могут выполнять другие необходимые задачи. Между тем методы глубокого обучения, основанные на многозадачном обучении, которые подходят для многозадачных автономных систем БПЛА, недостаточно исследованы. Поэтому в этом исследовании мы предлагаем метод управления полетом БПЛА, который может обеспечить коррекцию собственного положения БПЛА, самонаправления и распознавания/выбора нескольких направлений движения с использованием многозадачного обучения для исследования неизвестной внутренней среды, что является только на основании информации, полученной с монокулярной камеры [7].

Реальная работа БПЛА требует возможности обработки нескольких задач одновременно, и необходимо анализировать ситуацию на основе информации, полученной в каждой задаче. Получение максимально возможной информации при ограниченном количестве датчиков и решение многочисленных задач важно в исследованиях робототехники. В частности, очень сложно предсказать направление движения и распознать собственное положение по изображению с монокулярной камеры так же, как это визуализирует человек.

Заключение. В статье описаны способы увеличения продолжительности полета БПЛА. Были рассмотрены основные механизмы парящего полета, метод дозаправки в воздухе, а также описан принцип разведки с несколькими планирующими транспортными средствами.

Следует обратить внимание, что в идеале для системы с несколькими разнородными транспортными средствами для выполнения миссии, управляемой извне необходима, система автономии и принятия решений. Система должна принимать решения об энергии, доступной для взлета, и о необходимости дозаправки в полете, чтобы распределить транспортные средства на основе их разрешений на энергию и полезность миссии.

Список литературы

1. N.R.J. Lawrance, J.J. Acevedo, J.J. Chung, J.L. Nguyen, D Wilson, et al. Long Endurance Autonomous Flight for Unmanned Aerial Vehicles. *Aerospace Lab*, 2014, 8, p. 1-15.
2. Lord Rayleigh, *The Soaring of Birds*, *Nature*, Vol. 27, No. 701, 5 April 1883, pp. 534–535.
3. C. Pennycuik - Field Observations of Thermals and Thermal Streets, and the Theory of Cross-Country Soaring Flight. *Journal of Avian Biology* Vol. 29, No. 1 (Mar., 1998), pp. 33-43
4. P. Idrac - Experimental Study of the "Soaring" of Albatrosses. *Nature*, Vol. 115, No2893 (1925), – P.532–532.
5. R. J. Sattigeri - Adaptive Estimation and Control with Application to Vision-Based Autonomous Formation Flight. PhD thesis, School of Aerospace Engineering, Georgia Institute of Technology, 2007.
6. J. J. Acevedo, B. N. C. Arrue, I. Maza, and A. Ollero - Cooperative Large Area Surveillance with a Team of Aerial Mobile Robots for Long Endurance Missions. *Journal of Intelligent and Robotic Systems* 70 (2013), 329–345.
7. Autonomous unmanned aerial vehicle flight control using multi-task deep neural network for exploring indoor environments. *Режим доступа* : <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/18824889.2022.2087413> – Дата доступа : 14.031.2023.

UDC 629.7.076-047.26

AUTONOMOUS UAV FLIGHT AS A WAY TO INCREASE FLIGHT DURATION

Bavbel E.I.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Alexeev V.F. – PhD, associate professor, associate professor of the Department of ICSD

Annotation. Autonomous steaming is a unique set of tasks when the aircraft should autonomously identify energy sources in the wind field and generate trajectories to use these conditions for collecting energy. The main mechanisms of a soaring flight are investigated and methods of creating trajectories with the accumulation of energy for reconnaissance, collecting information and patrolling using several aircraft are described. The option with refueling in the air is also considered as an additional approach to increasing the duration of the flight.

Keywords: UAV, autonomous flight, soaring flight mechanisms, dynamic soaring, static soaring, aircraft inventory, reconnaissance with multiple glide vehicles