

Распознавание Изменений Окружающей Среды Беспилотным Летательным Аппаратом

Зоя Дудар
к.т.н., профессор
кафедра Программной Инженерии
Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
Харьков, Украина
zoia.dudar@nure.ua

Александр Олейник
аспирант, ассистент
кафедра Программной Инженерии
Харьковский национальный университет
радиоэлектроники
Харьков, Украина
oleksandr.oliinyk1@nure.ua

Recognition of Environmental Changes by an Unmanned Aerial Vehicle

Zoia Dudar
PhD, associate professor
Department of System Engineering
Kharkiv National University
of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
zoia.dudar@nure.ua

Oleksandr Oliynyk
postgraduate, teaching assistant
Department of System Engineering
Kharkiv National University
of Radio Electronics
Kharkiv, Ukraine
oleksandr.oliinyk1@nure.ua

Аннотация—Наступает эпоха машин и проблема их ориентации в пространстве становится все более актуальной. Особенно для машин способных к перемещению не только по земле, но и в воздухе. Метод решения данной проблемы существует только один – программно-аппаратный комплекс. Данную задачу невозможно решить исключительно программными или исключительно аппаратными средствами. Здесь рассмотрены существующие комплексы для решения данной проблемы.

Abstract—the age of machines is coming and the problem of the orientation of machines in space is becoming more urgent. It is especially important for machines capable of moving not only on the ground, but also in the air. The method of solving this problem exists only one - the software and hardware complex. This task can not be solved solely by software or solely by hardware. Here, existing complexes for solving this problem are considered.

Ключевые слова—беспилотный летательный аппарат, блочные алгоритмы оценки движения, машинное зрение

Keywords— Unmanned aerial vehicle, block motion estimation algorithms, machine vision

I. ВВЕДЕНИЕ

В последнее время машины занимают все больше места в нашем мире. Они выполняют все больше и больше функций, становятся все «умнее» и «умнее». А мы желаем от них все большего и большего. Сейчас возникла ситуация, когда машинам требуется предоставить больше автономности, для того, чтобы они могли решать задачи, которые человечество ставит перед ними. А никакая настоящая автономность не возможна без самостоятельного, без участия человека, реагирования на изменение окружающей обстановки. Наиболее актуальна данная проблема для подвижных машин. Самыми перспективными из них являются беспилотные летательные аппараты (БЛА), способные передвигаться, а значит и выполнять различные задачи, в трех измерениях. Эффективность решения поставленных задач во многом зависит от возможностей аппарата к определению своего положения в пространстве и его способности реагировать на быстро изменяющиеся окружающие условия.

Сегодня беспилотные машины строятся с использованием разнообразных аэродинамических схем. В зависимости от применяемой системы управления БЛА подразделяются на три класса: 1) дистанционно пилотируемые (с радиокомандным управлением и по



проводам); 2) программно пилотируемые; 3) с комбинированными системами управления. Особенностью аппаратов с дистанционным управлением (1 класса) является участие в процессе полёта человека-оператора, который располагается, как правило, в наземном пункте управления. Программно пилотируемые летательные аппараты (2 класса) — автономные воздушные роботы, способные совершать полёт и решать задачи по заранее составленной программе, без участия в процессе управления человека-оператора [1]. Однако, большинство современных аппаратов относятся к первому и третьему классам. Это во многом связано с несовершенством программ-пилотов, особенно в части реакции на изменение окружающей обстановки.

Для ориентирования в пространстве и управления полетом большинство беспилотных комплексов используют американскую систему GPS или российский аналог ГЛОНАСС, которые обеспечивают достаточную на текущий момент, точность позиционирования [2]. Однако, мало того, что существует много мест где сигналы этих систем или недоступны, или ограничены и имеют недостаточное качество приема сигналов, так еще они не позволяют программной части комплекса быстро реагировать на неожиданно изменившуюся обстановку. Возникает необходимость в разработке и применении средств управления, навигации, наведении летающих роботов никоим образом не привязанных к спутниковым системам. Данная задача решается с помощью использования машинного зрения.

II. МАШИННОЕ ЗРЕНИЕ

Машинное зрение - это научное направление в области искусственного интеллекта, в частности робототехники, и связанные с ним технологии получения изображений объектов реального мира, их обработки и использования полученных данных, для решения разного рода прикладных задач без участия (полного или частичного) человека [3].

Основными элементами современных систем машинного зрения можно назвать камеру, с помощью которой получают изображение, плату ввода, оцифровывающую изображение, и плату управления движением. Технология машинного зрения имеет несколько этапов работы системы. Первым этапом является получение изображения контролируемого объекта. Далее полученное изображение необходимо ввести в промышленный контроллер или другой компьютер, где происходит компьютерная обработка, анализ полученных данных и принятие решений в соответствии с заложенной программой управления. Заключительным этапом является вывод управляющих воздействий на исполнительные устройства.

В задачи, рассматриваемые в рамках машинного зрения, в частности, входят: обнаружение объектов, обладающих определенными свойствами на статическом изображении и в видеопотоке; восстановление 3D формы по 2D изображениям; выделение на изображениях

структур определенного вида, сегментация изображений; анализ оптического потока.

В рамках работы беспилотного аппарата, в зависимости от поставленной перед ним цели необходимо решить все эти задачи. Однако не зависимо от цели использования, обязательно должна быть решена задача анализа оптического потока. Анализ оптического потока это несколько задач, связанных с оценкой движения, в которых последовательность изображений (видеоданные) обрабатываются для нахождения оценки скорости каждой точки изображения или 3D сцены. Примерами таких задач являются: определение трехмерного движения камеры, слежение, т.е. следование за перемещениями объекта.

Как упоминалось ранее, данная задача для беспилотного аппарата может быть решена исключительно программно-аппаратными методами. Основное содержание процесса управления летательным аппаратом и функционирования оптической электронной системы (ОЭС) заключается в выполнении следующих операций: подготовка к работе; проведение измерений; формирование моделей окружающей среды; обеспечение динамического поиска и обнаружения объектов (целей); кодирование, передача и декодирование информации; фиксирование отдельных точек и фигур с отображением их текущих координат (параметров); предоставление информации в удобном для потребителей виде; идентификация ориентиров и критически опасных объектов в реальном времени.

Вероятно, что в состав бортового модуля должны входить лазерные сканеры-дальномеры, видеокамеры (стереопара), фильтр (прибор для обработки потоковой информации, оценки состояния БЛА и положения ориентиров). Приборы должны иметь большую дальность действия и эффективно функционировать при совершении полёта БЛА в различных слоях тропосферы. Необходимо учитывать, что в тропосфере сосредоточено около 80 % массы атмосферы, находится почти весь водяной пар, возникают грозы, бури, облака и осадки, а также происходит вертикальное (конвекция) и горизонтальное (ветер) перемещение воздуха. Воздух в тропосфере нагревается от суши и воды, поэтому температура воздуха с высотой понижается в среднем на 0,6°C на каждые 100 метров [1]. Но для решения несложных задач на низких и сверхнизких высотах достаточно будет одной камеры, правда это увеличит требования к программной части продукта. Сущность работы оптико-электронных средств и технологии получения сигналов управления для навигации, ориентирования и наведения БЛА заключается в сканировании окружающего пространства и сопоставлении текущего и эталонного изображений с локализацией и сенсоризацией контурных точек заданных объектов. В автоматизированной системе ориентирования (АСО) это предполагает периодическое или с заданной частотой включение лазерных дальномеров-сканеров, определение параметров полёта аппарата (телеметрии) и текущих координат сканируемых объектов. По их значениям формируются сигналы управления



летательным аппаратом. В данном процессе используются априорная информация для построения эталонного изображения и апостериорная информация, представляющая собой параметры изображения на выходе АСО. Поточковая информация от фильтра и инерциальной навигационной системы поступает в канал датчика изображений, систему автосопровождения и блок выработки сигналов-команд управления.

III. ОБЗОР БЛОЧНЫХ АЛГОРИТМОВ ОЦЕНКИ ДВИЖЕНИЯ

Цифровое видео представляет собой упорядоченный набор кадров. Именно поэтому применительно к нему часто используют термин видеопоследовательность. Информацией о движении в обработке видео называют двумерный массив векторов движения, размер которого равен размеру кадра $W \times H$. При этом под вектором движения в заданной точке понимается вектор изменения координат этой точки между двумя заданными кадрами.

Каждый кадр видео последовательности разбивается на множество неперекрывающихся блоков $V_{i,j}$ заданного размера, где i, j – координаты блока. Разбиение производится так, что все блоки покрывают весь кадр, т.е. их суммарная площадь равна площади кадра. Для каждого блока текущего кадра производится минимизация функции соответствия блоков, при этом область минимизации может быть любой, единственным ограничением является то, что она должна быть подмножеством области поиска. Для каждого блока текущего кадра производится минимизация функции соответствия блоков, при этом область минимизации может быть любой, единственным ограничением является то, что она должна быть подмножеством области поиска. Рассмотрим базовые подходы блочной оценки движения (ОД), такие как полный перебор, шаблонные методы, метод иерархического поиска и методы, использующие вектора-кандидаты.

Алгоритм полного перебора. Поскольку область поиска O конечная, то наиболее очевидным методом минимизации функции соотношения блоков является полный перебор всех значений аргумента $v \in O$. Данный подход имеет свои достоинства и недостатки. Достоинством данного метода является гарантированное нахождение глобального минимума функции соответствия для каждого блока. Однако, не всегда важно найти именно глобальный минимум. В обработке видео критическое значение имеет определение «истинных» векторов движения, независимо от величины соответствующих им значений функции соответствия. Очевидным недостатком является вычислительная сложность данного метода. Даже в свете высокой мощности современных процессоров, полный перебор может быть неприемлем для обработки в режиме реального времени в случае высокого разрешения видео и большой области поиска. Логическим продолжением алгоритма полного перебора являются методы шаблонного поиска.

Данные методы представляют собой дискретные варианты покоординатного спуска. Они основываются на

предположении, что функция соответствия достаточно гладкая для каждого блока, без локальных минимумов. Данные методы предполагают наличие шаблона – набора точек (координаты отсчитываются из центра шаблона). На каждой итерации вычисляется координата центра шаблона, координаты всех точек шаблона, и, затем, значения функции соответствия в каждой из точек шаблона. Центр шаблона на первой итерации называют центром поиска, он обычно равен $(0, 0)$. В качестве центра шаблона для следующей итерации выбирается та точка шаблона, в которой был достигнут минимум функции соответствия. Затем проверяется условия останова поиска, и в зависимости от результата производится переход к следующей итерации или завершение поиска вектора в данном блоке. При этом в качестве результата выбирается вектор, соответствующий точке минимума функции соответствия на шаблоне последней итерации. Основным недостатком методов данного класса является их склонность к нахождению локальных минимумов функции соответствия вместо глобальных. Однако, у данного класса методов есть существенное достоинство: они значительно сокращают перебор возможных векторов движения, тем самым ускоряя алгоритм.

Алгоритмы иерархического поиска. Основная идея заключается в следующем. Перед началом поиска производится вычисление $N-1$ уменьшенных «копий» текущего и предыдущего кадров, при этом каждая очередная копия в 2^n (n – натуральное число) раз меньше предыдущей. Пары кадров одинакового размера – уровни. На одном уровне текущий кадр и предыдущий кадр – одинакового размера. Обработка идет от кадров меньшего размера к кадрам большего размера. На каждой итерации производится ОД каким-либо из известных методов, например, шаблонным поиском. При этом в качестве стартовой точки на каждой итерации выбирается векторное поле, полученное с предыдущей итерации. Каждая следующая итерация уточняет вектора, вычисленные на предыдущей. При переходе по итерациям размеры области поиска и блоки увеличивают так, чтобы число блоков в кадре не менялось. Достоинством алгоритмов данной группы является перебор сокращенного числа векторов, т.е. повышенная вычислительная эффективность. Дополнительным преимуществом данного метода является устойчивость к шуму, поскольку во время уменьшения изображений, как правило, удаляются высокочастотные шумы. Однако вместе с высокочастотными шумами могут пропасть и мелкие детали, что приведет к неправильному определению движения в детализированных областях.

Для большинства видео последовательностей справедливо утверждение, что вектора движения соседних блоков очень похожи, так как эти блоки зачастую принадлежат одному движущемуся объекту. Это утверждение привело к появлению целого класса методов ОД, использующих векторы-кандидаты.

Основная идея алгоритмов этой группы очень проста. Перед вычислением информации о движении для текущего блока формируется набор, состоящий из уже вычисленных векторов движения соседних блоков. При



этом соседние блоки могут выбираться как в пространственной области, так и во временной. Сформированный набор векторов называется набором кандидатов. В качестве вектора движения в каждом блоке выбирается лучший вектор из набора кандидатов. В качестве критерия поиска обычно используется функция соответствия.

Методы, использующие векторы-кандидаты, часто имеют низкую вычислительную сложность, но при этом обеспечивают гладкость векторного поля, что делает их пригодными для использования в аппаратуре реального времени.

В большинстве современных блочных алгоритмов нахождения движения используются различные комбинации базовых подходов, описанных выше. Наиболее популярной комбинацией является совместное использование подхода, использующего векторы-кандидаты, и шаблонного поиска. Идея методов данной группы состоит в уточнении лучшего вектора набора с помощью шаблонного поиска. Благодаря простоте и вычислительной эффективности алгоритмы данной группы достаточно часто становятся предметом интереса исследователей.

IV. ИНФРАСТРУКТУРА ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Рассмотрев минимальные программную и аппаратную части необходимые беспилотному аппарату для выполнения поставленных задач, следует так же уделить внимание необходимой для его функционирования инфраструктуре. В большинстве существующих на данный момент систем кроме самого летательного аппарата нужны как минимум: станция управления, обязательно с человеком (наблюдающим и руководящим), зарядные станции, отдельные машинные мощности для дополнительного анализа поступающей информации. Так же потребуются обеспечение техподдержки [5].

В случае малых дронов используется легкая и быстро разворачиваемая портативная инфраструктура, чаще всего в виде планшетного компьютера. Однако даже такой простой командный пункт заставляет иметь минимум одного человека-оператора. Так же существует идея об устранении этой проблемы. Предлагается добавить модуль распознавания голосовых или жестовых команд, что позволит оператору меньше отвлекаться на контроль за дроном и уделять больше внимания окружающей среде. Однако в этом случае повысятся требования к автономному реагированию дрона на изменения в обстановке. Например, в случае подачи команды «следуй за мной» дрон должен суметь определить хозяина, наличие преград на пути и уметь принимать решения о перемещении таким образом, чтобы миновать препятствия.

V. ВЫВОДЫ

Беспилотные летательные аппараты несут в себе огромный потенциал, который просто требует быть реализованным. Они могут стать решением многих вызовов стоящих перед человечеством. Однако на данном этапе это все еще довольно сырой продукт, требующий значительной доработки: эти аппараты все еще нельзя назвать полноценно беспилотными (они нуждаются пусть и в дистанционном, но управлении человеком), их комплектация все еще не оптимальна и для нее необходимо дальнейших экспериментов, программное и математическое обеспечение все еще недостаточно совершенно. Однако даже обладая вышеперечисленными недостатками данные объекты выполняют поставленные перед ними задачи и как минимум упрощают жизнь человека, а то и спасают ее.

В данной работе были рассмотрены основные требования к комплектации беспилотного летательного аппарата перед которым ставится задача самостоятельного ориентирования в условиях отсутствия помощи человека; наиболее распространённые алгоритмы программной оценки движения, необходимые для принятия решений таким аппаратом о собственном перемещении. Так же была минимально затронута сторона инфраструктуры необходимой для работы аппаратов. Рассмотрев все это можно сделать вывод, о том, что для следующего шага к полной автономности данных роботов необходимо решить задачу автоматизации хотя бы простых команд, в стиле следования за визуальным образом, что бы человек мог лишь ставить задачу, а машина сама и достаточно качественно выбирала метод ее решения.

ЛИТЕРАТУРА REFERENCES

- [1] Буянов И. А., Исламов В. К. Автономная система ориентирования беспилотного летательного аппарата: состав и схема функционирования в формате 3D // Молодой ученый. — 2018. — №1. — С. 10-16. — URL <https://moluch.ru/archive/187/47676/> (дата обращения: 22.08.2018).
- [2] Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий / Учеб. пособие. Под ред. М. Н. Красильщикова и Г. Г. Себрякова. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. — 280 с.
- [3] Мухамедияров Р.М. Машинное зрение: понятия, задачи и области применения // URL http://www.rusnauka.com/25_NPM_2009/Informatica/50975.doc.htm
- [4] Обзор блочных методов оценки движения в цифровых видеосигналах [Текст] / С.В. Гришин, Д.С. Ватолин, А.С. Лукин, С.Ю. Путилин, К.Н. Стрельников // Программные системы и инструменты. Изд-во факультета ВМиК МГУ. – 2008. – № 9. – С. 50-62
- [5] Сиротин А.А. Мониторинг состояния окружающей среды при помощи беспилотных летательных аппаратов// кафедра РС СПбГЭТУ «ЛЭТИ»-2016.- 90с.

