

Электронный научный журнал "Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках" <http://mathmod.esrae.ru/>

URL статьи: mathmod.esrae.ru/38-140

Ссылка для цитирования этой статьи:

Чеховская К.Д., Разработка системы идентификации подстилающей поверхности в режиме реального времени для комплекса автоматической посадки беспилотного летательного аппарата // Математическое моделирование, компьютерный и натурный эксперимент в естественных науках. 2022. №2

УДК 681.51

DOI: 10.24412/2541-9269-2022-2-21-25

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ ДЛЯ КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОСАДКИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Чеховская К.Д.¹

¹АО «Конструкторское бюро промышленной автоматики», Россия, Саратов

DEVELOPMENT OF THE UNDERGROUND SURFACE IDENTIFICATION SYSTEM IN REAL TIME MODE FOR THE COMPLEX OF AUTOMATIC LANDING OF UNMANNED AERIAL VEHICLES

Chekhovskaya K.D.¹

¹JSC «Design Bureau of Industrial Automatics», Russia, Saratov

Аннотация. В статье описывается система определения идентификации подстилающей поверхности в режиме реального времени для комплекса автоматической посадки беспилотного летательного аппарата.

Ключевые слова: автоматическая посадка, идентификация, подстилающая поверхность, режим реального времени

Abstract. The article describes a system for determining the identification of the underlying surface in real time for the automatic landing complex of an unmanned aerial vehicle.

Keywords: automatic landing, identification, underlying surface, real time mode

Введение. Беспилотная авиация – динамично развивающийся сектор современного авиастроения. Достижения в области техники и технологий привели к стремительному развитию новых систем. В настоящее время беспилотные летательные аппараты интенсивно внедряются во все сферы деятельности и активно применяются во всем мире.

При широком применении беспилотных летательных аппаратов возникает ряд проблем, наиболее серьезной из которых является проблема осуществления безаварийной посадки на неподготовленную посадочную площадку, особенно в автоматическом режиме.

Анализ открытых источников [1-4] по данной проблематике выявил несколько путей решения задач посадки:

- 1) Осуществление посадки под руководством оператора (необходим управляющий радиоканал);
- 2) Использование ультразвуковых, лазерных или радиолокационных средств анализа поверхности;
- 3) Осуществление посадки на подготовленную площадку либо использование пассивных методов посадки (парашюты, устройства захвата и т.д.).

Как видно, полностью задача осуществления автоматической посадки вертолета на неподготовленную площадку в автоматическом режиме не решена

В связи с этим встает не решенный в должной степени вопрос создания системы идентификации подстилающей поверхности в режиме реального времени для комплекса автоматической посадки беспилотного летательного аппарата.

Для определения качества подстилающей поверхности необходимо осуществить некоторый набор измерений рельефа, плотности и состояния поверхности земли в области гипотетического выполнения посадки.

Современные средства изучения поверхности земли [5-7]:

- радиолокационные;
- лазерные;
- спектральные;
- ультразвуковые;
- визуальные.

Использование радиолокации в виду высокой стоимости, вреда здоровью экипажа и т.п. не является оптимальным. Спектральные и визуальные методы также не оптимальны, в виду существенной зависимости от погодных условий.

Наиболее оптимальными являются лазерный и ультразвуковой методы сканирования поверхности.

Получение информации по подстилающей поверхности осуществляется математической обработкой полученных системой данных по местоположению узлов перекрестий на подстилающей поверхности. Отсутствие возможности осуществлять сканирование поверхности компенсируется сохранением данных о полученной информации при движении вертолета над поверхностью и восстановления данных по рельефу на основе получаемого математически псевдосканирования.

Точность определения расстояния до узлов перекрестий на поверхности зависит от разрешения матрицы видеокамеры и точности юстировки системы при сканировании узлов на задаваемых эталонных высотах. Диапазон работы системы зависит от дальности разнесения излучателей, т.е. прямо пропорциональна размеру вертолета.

Система идентификации подстилающей поверхности должна выполнять следующие задачи:

1. Получение системой данных по местоположению узлов перекрестий на подстилающей поверхности.
2. Определение расстояния до узлов перекрестий на поверхности.
3. Определение кривизны подстилающей поверхности.
4. Определение наклона беспилотного летательного аппарата относительно подстилающей поверхности.
5. Определение типа подстилающей (вода, песок и т.д.) поверхности.
6. Математическая обработка полученных системой данных по местоположению узлов.

Рассмотрим случай определения наклона подстилающей поверхности с помощью проецирования двух меток. Предположим, что на ЛА вертолётного типа установлена горизонтальная балка с закреплёнными лазерами. Направление свечения лазеров совпадает с вертикальной осью связанной с ЛА системой координат. На той же балке на некотором расстоянии от лазеров располагается фотоприёмник под углом α .

Когда ЛА зависает над подстилающей поверхностью, имеющей уклон β , лазеры создают на ней отметки. Пусть высота вертолёта над поверхностью обозначается как H .

где L – расстояние между лазерами;

Расстояние между метками лазеров на поверхности обозначим как l , а расстояние между изображениями меток на фотоприёмнике - l^* . Можно сделать выводы о следующих зависимостях:

$$\frac{l_{left}}{l^*} \propto H \quad (1)$$

$$l^* \propto \beta \quad (2)$$

Причём, если обратить внимание на изображение, сформированное фотоприёмником, то можно заметить, что по положению меток можно судить о расстоянии H :

Рассмотрим подробно процесс проекции меток. Исходя из тригонометрии, найдём зависимость между исходным расстоянием L и полученным l^* :

$$l = L * \cos^{-1}(\beta);$$
$$l^* = l * \cos(\alpha - \beta) = L * \frac{\cos(\alpha - \beta)}{\cos(\beta)}. \quad (3)$$

Из (3) выразим угол β :

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg}(\beta) &= \frac{i^*}{\alpha} \sin^{-1}(\alpha) - \operatorname{ctg}(\alpha) & (4.1) \\ \beta &= \operatorname{arctg} \left[\frac{i^*}{\alpha} \sin^{-1}(\alpha) - \operatorname{ctg}(\alpha) \right] & (4.2) \end{aligned} \right\} (4)$$

В итоге мы нашли угол наклона подстилающей поверхности β .

Заключение. Безопасность проведения полетов летательных аппаратов в воздушном пространстве является наиболее важной задачей при обеспечении полетов. Аэродромы, оборудованные оборудованием согласно требованиям по категориям Ша – Шс остаются в небольшом количестве, в основном из-за необходимости нести существенные финансовые затраты на создание и поддержание в рабочем состоянии необходимого оборудования.

В данной статье предложено направление, позволяющее с применением минимально возможных затрат осуществлять выполнение определения типа подстилающей поверхности земли в режиме реального времени.

Литература

1. Кульченко А.Е. Адаптивное позиционно-траекторное управление роботизированным одновинтовым вертолетом с использованием нелинейной модели его движения системы: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Таганрог, 2015. 153с.
2. Морозов А.А. Разработка методики исследования авторотации при аварийных ситуациях // Молодежный научно-технический вестник. 2013. № 8. С. 6.
3. Авиационный справочник (для летчика и штурмана) / Под ред. генерал-майора авиации В.М. Лавского. М.: Военное издательство министерства обороны СССР, 1964. 415 с.
4. Нгуен Чонг Шам. Учет влияния метеорологических возмущений при интерактивном управлении движением легкого дистанционно-пилотируемого летательного аппарата в сложных погодных условиях: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. М., 2015. 122 с.
5. Юкин С. А. Формирование и обработка радиолокационного изображения поверхности земли при маловысотном полёте: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Рязань, 2010. 158 с.
6. Радж Балдев, Раджендран В., Паланичами П. Применения ультразвука. М.: Техносфера, 2006. 575 с.
7. Быков Н.И., Попов Е.С. Наблюдения за динамикой снежного покрова в ООПТ Алтае-Саянского экорегиона (методическое руководство). Красноярск, 2011. 64 с.
8. Абакумов А.В. Особенности конструирования пилотажно-навигационных комплексов для малых беспилотных летательных аппаратов различного типа.

/ А.В. Абакумов, Д.Е. Гуцевич, Р.В. Лившиц, С.Н. Ромадин, А.А. Серанова, И.В. Сергушов, Е.Н. Скрипаль // XXIV Санкт-Петербургская международная конференция по интегрированным навигационным системам. СПб., Изд. ЦНИИ Электроприбор. 2017. С. 142–152.