

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Bishop G., Bricken W., Brooks F., Brown M., Burbeck C., Durlach N., Ellis S., Fuchs H., Green M., Lackner J., et al. Research Directions in Virtual Environments // Computer Graphics, Vol. 26, No. 3, 1992. P. 153—183.

2. Гебель М., Клименко С.В. Научная визуализация в виртуальном окружении // Программирование, Т. 4, 1994. С. 29—46.

3. Афанасьев В.О., Байгозин Д.А., Батурич Ю.М., Даниличева П.П., Долговесов Б.С., Еремченко Е.Н., Казанский И.П., Клименко А.С., Клименко С.В., Леонов А.В. и др. Системы визуализации и виртуального окружения в задачах исследования космоса: настоящее и будущее // В кн.: Космонавтика XXI века. Попытка прогноза развития до 2101. РТСофт, 2010. С. 185—256.

4. Baturin Y.M., Danilicheva P.P., Klimenko S.V., Serebrov A.A. Virtual Space Experiments and Lessons from Space // Proceedings of ED-MEDIA 2007. Vancouver BC. 2007. Vol. 1. P. 4195—4200.

5. Даниличева П.П., Фомин С.А., Клименко С.В., Батурич Ю.М., Серебров А.А., Щербинин Д.Ю. Виртуальное повествование как инновационная образовательная технология // Труды Первой международной конференции «Трехмерная визуализация научной, технической и социальной реальности. Кластерные технологии моделирования». Ижевск. 2009. Т. 2. С. 123—125.

6. Клименко С.В., Никитин И.Н., Никитина Л.Д. Аванго: система разработки виртуальных

окружений. Москва—Протвино: Институт физико-технической информатики, 2006. 252 с.

7. Cerf M., Harel J., Einhäuser W., Koch C. Predicting human gaze using low-level saliency combined with face detection // Advances in neural information processing systems. 2008. P. 241—248.

8. Palermo R., Rhodes G. Are you always on my mind? A review of how face perception and attention interact // Neuropsychologia, Vol. 45, No. 1, 2007. P. 75—92.

9. Chien S.H.L. No more top-heavy bias: Infants and adults prefer upright faces but not top-heavy geometric or face-like patterns // Journal of Vision, Vol. 11, No. 6, 2011. P. 1—14.

10. Ярбус А.Л. Исследование закономерностей движений глаз в процессе зрения // Доклады АН СССР, № 4, 1954. С. 89—92.

11. Tullis T., Siegel M., Sun E. Are people drawn to faces on webpages? // CHI'09 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems. 2009. P. 4207—4212.

12. Файн В.С. Оpoznание изображений. Основы непрерывно-групповой теории и ее приложения. Москва: Наука, 1970. 295 с.

13. Файн В.С. Алгоритмическое моделирование формообразования. Москва: Наука, 1975. 141 с.

14. Parke F.I. Computer generated animation of faces // Proceedings of the ACM annual conference — Volume 1. 1972. P. 451—457.

УДК 681.396.473+681.516

МЕТОД АДАПТИВНОГО СКАНИРОВАНИЯ ПОДСТИЛАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ЛУЧОМ ЛАЗЕРНОГО ЛОКАТОРА В РЕЖИМЕ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МАЛОВЫСОТНОГО ПОЛЕТА БЕСПИЛОТНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА*

Лисицын В.М.

кандидат технических наук

Музичек С.М.

доктор технических наук

Обросов К.В.

кандидат технических наук

ФГУП «ГосНИИАС», г. Москва

THE METHOD OF ADAPTIVE SCANNING OF THE UNDERLYING SURFACE LASER LOCATOR BEAM IN THE MODE OF INFORMATION SUPPORT OF LOW-ALTITUDE FLIGHT OF AN UNMANNED VEHICLE

Lisitsyn V.M.

candidate of technical sciences

Muzhichek S.M.

doctor of technical sciences

Obrosova K.V.

candidate of technical sciences

*State Research Institute of Aviation Systems
DOI: [10.31618/nas.2413-5291.2020.1.56.230](https://doi.org/10.31618/nas.2413-5291.2020.1.56.230)*

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 19-29-06077 мк.)

Аннотация

Предложен новый метод адаптивного сканирования подстилающей поверхности лучом лазерного локатора в режиме информационного обеспечения маловысотного полета беспилотного транспортного средства

Abstract

A new method of adaptive scanning of the underlying surface is proposed laser locator beam in the mode of information support of low-altitude flight of an unmanned vehicle

Ключевые слова: автономная навигация, беспилотное транспортное средство

Keywords: autonomous navigation, unmanned vehicle

Навигационная система для автономного беспилотного транспортного средства (БТС), как правило, рассматривается на базе комплексирования спутниковой навигации и бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС). Однако, в зонах экранирования (плотная городская застройка, туннели, пространство под мостами и эстакадами и т.д.) спутниковая навигация неработоспособна, или, что еще хуже, может неправильно определять текущее местоположение БТС. Поэтому очевидна актуальность постановки задачи автономной навигации БТС на основе физических характеристик окружающей среды, в том числе, в условиях городской застройки.

Известно, что столкновения с препятствиями при выполнении маловысотного полета (МВП) в условиях городской застройки являются одной из важнейших причин аварийных ситуаций для современных летательных аппаратов. При этом очень часто необнаруженными препятствиями, столкновение с которыми приводят к аварийным ситуациям, являются линии электропередач и провода, которые почти не наблюдаемы экипажем летательного аппарата (ЛА) даже при хорошей видимости. Проведенные экспериментальные и теоретические исследования показали, что единственным надежным средством обнаружения любых, в том числе неметаллических препятствий являются лазерно-локационные (ЛЛ) системы. В связи с этим в последние годы ряд известных зарубежных фирм (Northrop Grumman (США), Dornier GmbH (Германия), Marconi SPA (Италия), GEC Avionics (Великобритания)) ведут работы по созданию систем обнаружения препятствий и предупреждения о столкновениях на базе лазерных локаторов с разной длиной волны излучения для оснащения перспективных (ЛА).

Лазерный локатор (ЛЛ) является принципиально новым средством информационного обеспечения МВП. Его применение на ЛА существенно расширяет функциональные возможности авиации, позволяя решать на предельно малых высотах полета (20-50 м) задачи точной доставки грузов, пожаротушения, мониторинга, монтажных работ при строительстве, спасательных операций и т.п. Формируемая ЛЛ 3D информация о наблюдаемой наземной сцене в сочетании со способностью своевременного обнаружения таких тонких препятствия как провода, тросы (в том числе и неметаллические), растяжки, мачты и т.п. позволяет автоматически пролонгировать траекторию полета и обеспечивает

безопасность выполнения поставленных задач в сложной фоно-целевой обстановке без априорных данных о рельефе и конфигурации наземных объектов. Использование в локаторе излучения на длине волны в два раза большей, чем красная граница спектрального диапазона глаза, позволяет работать в сложных метеоусловиях и дымах и не создает угроз для глаз людей, оказавшихся на анализируемой сцене.

Специфической особенностью ЛЛ является формирование узких (менее одной угловой минуты) диаграмм направленности излучения. Угловая скорость сканирования такой диаграммой при достигнутых частотах следования зондирующих импульсов (30-100 кГц) ограничена, что приводит при регулярных развертках либо к малым полям обзора, либо к низкому темпу обновления информации в поле обзора. Такой недостаток имеет место во всех созданных и разрабатываемых ЛЛ системах [1-3]. В разработанной методике предложен выход из создавшегося положения путем отказа от регулярных разверток дальностного поля с целью экономного расходования зондирующих импульсов, т.е. такого управления угловым движением лазерного луча, которое использует уже накопленную информацию о дальностном поле и ориентировано на решение конкретных задач планирования измерений угол-угол-дальность в процессе сканирования анализируемой сцены.

В настоящее время известны методики регулярного сканирования, в которых область формирования дальностного поля в координатах угол-угол совпадает с полем обзора локатора и формируется в результате сложения двух движений в координатах угол-угол: сравнительно медленного поворота базовой системы координат вдоль одной из угловых координат и быстрого двумерного регулярного периодического перемещения луча лазерного локатора (ЛЛ) относительно базовой системы координат.

Научная новизна предлагаемой методики [4] заключается в том, что задают диапазон минимальных дальностей до подстилающей поверхности, соответствующий периоду сканирования, скорости полета и надежному обнаружению всех возможных препятствий, включая провода, тросы и т.п., используют технически реализуемые фрагменты траектории сканирования с управляемыми параметрами, которые могут изменять конфигурацию фрагментов траектории, в том числе их угловую ориентацию в вертикальной плоскости, при

многократной реализации фрагментов за время полупериода обновления информации о дальностном поле, т.е. за время медленного поворота базовой системы координат в сторону левой или правой границы поля обзора, в процессе сканирования определяют требуемые параметры каждого следующего фрагмента траектории по результатам обработки имеющихся измерений углов и дальностей так, чтобы угловая ориентация этого фрагмента в вертикальной плоскости соответствовала попаданию прогнозируемых минимальных дальностей в заданный диапазон максимальных дальностей надежного обнаружения всех возможных препятствий, в процессе сканирования формируют сигналы управления исполнительными устройствами так, чтобы реализуемые в текущий момент времени фрагменты траектории имели параметры с минимально возможными отклонениями от требуемых параметров, обеспечивая тем самым в процессе сканирования отрицательную обратную связь в системе автоматического управления угловым положением по вертикали нижних участков, соответствующих минимальным дальностям на траектории сканирования, удерживая эти нижние участки траектории на таких углах наклона зондирующего луча, которые соответствуют заданному диапазону максимальных дальностей.

Предлагаемая методика позволяет автоматически формировать траекторию сканирования в координатах угол-угол, концентрируя при этом направления измерений дальностей в области положений возможных препятствий над земной поверхностью в заданном диапазоне дальностей при любом рельефе местности. Задание такого диапазона дальностей может быть проведено заранее. Его верхняя граница определяется тактико-техническими требованиями на ЛЛ в части его основной

характеристики - максимальной дальности надежного обнаружения тонких протяженных препятствий типа проводов ЛЭП, тросов, растяжек и т.п. в ограниченно-сложных метеоусловиях. Нижняя граница диапазона дальностей рассчитывается как разность между верхней границей и произведением скорости полета ЛА на период обновления информации в пределах поля обзора.

Выполненное авторами математическое моделирование процессов информационного обеспечения МВП показало, что использование предложенной методики адаптивного сканирования позволят пролонгировать безопасные траектории полета ЛА в азимутальном секторе, который в два-четыре раза больше, чем сектор пролонгации безопасных траекторий полета в случае применения регулярного сканирования земной поверхности лучом ЛЛ при одинаковых средних плотностях точек зондирования в информативных областях полей обзора.

Литература

1. «Obstacle avoidance system for helicopter and other aircraft», Патент USA №5465142 от 7 ноября 1995 г.
2. Schulz K.R., Scherbarth S., Fabry U. Hellas: obstacle warning system for helicopters // Proc. SPIE. 2002. V.4723. P. 1-8.
3. Gunther Winkle, Hellas Protect helos Defence Helicopter, December 1998 - January 1999, pp. 23-25.
4. Мужичек С. М., Обросов К. В., Ким В. Я., Лисицын В. М., Дронский С. А. Способ адаптивного сканирования подстилающей поверхности лучом лазерного локатора в режиме информационного обеспечения маловысотного полета. Патент РФ на изобретение №2 706 912, 2020.