

УДК 004.932

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ОБНАРУЖЕНИЯ БЫСТРОДВИЖУЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ LiDAR

Габитов Д.Д.

e-mail: GabitovDD@study.kai.ru

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань

Аннотация

В статье рассматривается разработка устройства обнаружения быстро движущихся объектов с использованием лидара (LiDAR), предназначенного для работы в условиях высоких линейных и угловых скоростей. Проведён анализ требований к параметрам сканирования лидара с учётом геометрических размеров цели, расстояния до неё и кинематических характеристик движения носителя. Выполнено математическое моделирование баллистического движения носителя с учётом аэродинамического сопротивления и вращательного движения. На основе расчётных и экспериментальных исследований обоснован выбор лидарного датчика, обеспечивающего устойчивое обнаружение объекта при заданных ограничениях по массе, габаритам и стоимости.

Ключевые слова: LiDAR, обнаружение объектов, быстро движущиеся объекты, баллистическое моделирование, частота сканирования, лидарные системы.

Введение

Современные системы обнаружения и навигации находят широкое применение в робототехнике, автономных транспортных средствах и авиационно-космических системах. В ряде практических задач возникает необходимость обнаружения объектов при высоких скоростях движения носителя, что предъявляет повышенные требования к быстродействию и точности измерительных систем. Традиционные радиолокационные и оптические методы не всегда удовлетворяют требованиям компактности и энергетической эффективности.

Лидарные системы, основанные на активном лазерном зондировании, позволяют получать высокоточную пространственную информацию независимо от уровня внешней освещённости. Однако применение LiDAR на быстро движущихся носителях сопряжено с рядом технических ограничений, включая необходимость высокой частоты сканирования, устойчивость к вибрациям и ограничения по массе и габаритам. В связи с этим актуальной

является задача обоснованного выбора параметров лидарного датчика и оценки его работоспособности в динамических условиях.

Постановка задачи

Целью данной работы является разработка и исследование устройства обнаружения быстродвижущихся объектов с использованием лидара. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: определить требования к частоте сканирования лидара, разработать математическую модель движения носителя, провести анализ параметров коммерчески доступных лидарных датчиков и экспериментально подтвердить работоспособность выбранного решения.

Описание системы обнаружения

Разрабатываемая система обнаружения представляет собой компактный программно-аппаратный комплекс, включающий лидарный датчик, вычислительный модуль и средства первичной обработки данных. Лидар осуществляет круговое сканирование пространства с формированием массива дальностных измерений, используемых для определения наличия и положения объекта.

Ключевым параметром системы является угловой шаг сканирования, определяемый частотой измерений лидара и скоростью его вращения. Для обеспечения обнаружения объекта угловой шаг должен быть меньше углового размера цели. В работе получены зависимости, связывающие угловой размер объекта, расстояние до него и допустимый шаг сканирования.

Математическое моделирование движения носителя

Для анализа условий функционирования системы разработана математическая модель баллистического движения носителя с учётом силы тяжести и аэродинамического сопротивления воздуха. Сила сопротивления моделируется квадратичной зависимостью от скорости, что соответствует классическим моделям внешней баллистики.

Модель реализована в среде MATLAB/Simulink и позволяет анализировать изменение скорости и положения носителя во времени, а также оценивать влияние динамических факторов на процесс обнаружения. Движение обнаруживаемого объекта моделируется как прямолинейное равномерное.

Анализ и выбор лидарного датчика

На основе результатов моделирования выполнен анализ требований к параметрам лидара. Рассмотрены коммерчески доступные лидарные датчики с различными частотами сканирования, дальностью и массогабаритными характеристиками. Показано, что при оптимизации начальных условий движения достаточно использовать лидарные системы с частотой сканирования порядка 14–16 кГц.

В качестве оптимального решения выбран лидар Slamtec RPLIDAR A2M12, удовлетворяющий требованиям по частоте измерений, дальности, массе и стоимости.

Экспериментальные исследования

Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях. Оценивалось влияние типа отражающей поверхности, освещённости и наличия аэрозольных частиц на устойчивость измерений. Полученные результаты подтвердили корректность расчётных оценок и работоспособность системы при выбранных параметрах.

Заключение

В статье представлена разработка устройства обнаружения быстродвижущихся объектов на базе лидарных технологий. Проведён анализ требований к параметрам сканирования, выполнено математическое моделирование движения носителя и экспериментальная проверка выбранного датчика. Показана возможность применения компактных LiDAR-систем для задач обнаружения в условиях высоких скоростей. Результаты работы могут быть использованы при проектировании перспективных систем обнаружения и навигации для динамических носителей.

Библиографический список

1. Коновалов А.А. Внешняя баллистика. — М.: Машиностроение, 1979.
2. Окунев В.А. Вращательное движение снаряда. — М.: Воениздат, 1985.
3. Slamtec. RPLIDAR A2M12 Datasheet.
4. Jain A., Tsiotras P. LiDAR-based object detection for high-speed platforms // Sensors. 2020. Vol. 20, No. 18.