

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАДАРОВ С СИНТЕЗИРОВАННОЙ АПЕРТУРОЙ В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Попов Арсений Максимович

студент, Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева, РФ, г. Ульяновск

Ефимов Александр Владимирович

научный руководитель, канд. техн. наук, доцент, Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева, РФ, г. Ульяновск

Радар с синтезированной апертурой (SAR) - это специальный радар, используемый для выдачи изображений, который устанавливается на воздушном судне, беспилотном летательном аппарате или космическом спутнике.

Принцип работы (рис. 1) основывается на передаче последовательных электромагнитных импульсов и приеме эхо-сигналов. Электронная аппаратура системы оцифровывает и запоминает информацию для ее последующей обработки. Одной из особенностей SAR является то, что передача и прием сигналов осуществляется в разные моменты времени и отображаются в разных небольших позициях. Однако хорошо выстроенное сочетание принимаемых сигналов создает условную апертуру, которая в несколько раз превышает физические размеры антенны. Это свойство называется "синтезированная апертура" и дает возможность радару получать снимок. Направление дальности располагается под углом 90 градусов к траектории полета, а направление азимута аналогично расположению объекта в поле зрения антенны. Наземный и азимутальный размеры не зависят друг от друга. Кроме того, разрешение по азимуту и по фазе не зависят от расстояния, так функционально зависят от разных показателей (первое - функция длины синтезированной апертуры, второе зависит от того насколько сильно изменяется частота излученного импульса); оба разрешения достигают 25 сантиметров [1].

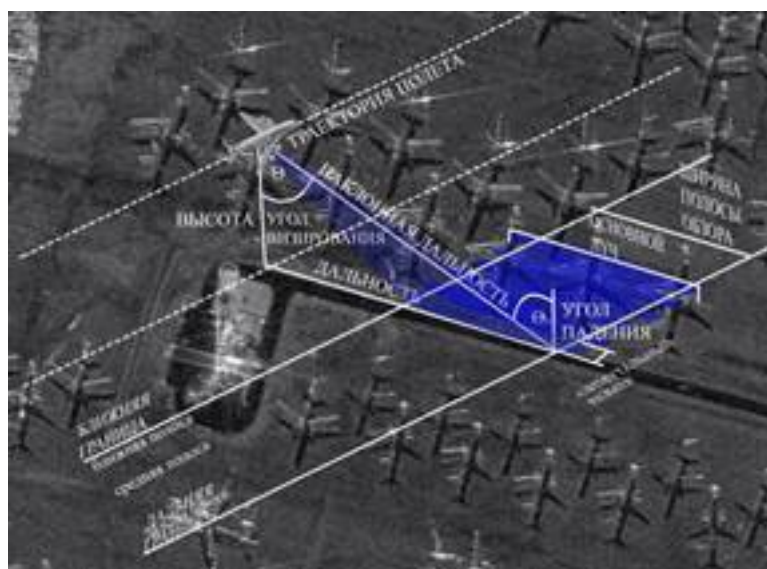


Рисунок 1. Принцип работы SAR радиолокатора

Обработка трехмерного изображения в SAR выполняется в две стадии. На первой стадии происходит фокусировка направлений азимута и дальности для создания двумерного изображения с высоким разрешением, используя азимутальный диапазон. Затем во время следующей стадии применяется цифровая модель рельефа (DEM), которая позволяет определить разность фаз между сложными изображениями и восстановить информацию о высоте с разных углов обзора. При этом третьим измерением служит высота, которая выдается совместно с координатами дальности по азимуту, полученными благодаря двумерной фокусировки SAR. На первом этапе используются стандартные алгоритмы обработки, а на втором этапе требуется дополнительная предварительная обработка, например, совместная фиксация изображений и фазовая калибровка, которая заключается в том, что происходит изменение частоты импульса по всей длине в течение времени освещения объекта (некоторые локаторы могут изменять частоту посланного импульса до 600 МГц). Применение 4D- и мульти-D SAR-изображений позволяет визуализировать многообразные фрагменты, такие как городские районы, и повышает эффективность по сравнению с классическими технологиями интерферометрии, например, интерферометрией постоянного рассеяния (PS).

Существуют различные режимы сканирования радаров с синтезированной апертурой (рис. 2). В режиме полосовой карты (strip) антенна остается в фиксированном положении и ориентирована перпендикулярно траектории полета или слегка наклонена вперед или назад. При этом сигнал передается со скоростью, соответствующей частоте следования импульсов, захватывая всю область сканирования. В итоге получается изображение большой длины со средним разрешением. Режим прожектора (spot) обеспечивает более высокое разрешение, но площадь изображения уменьшается. В этом режиме освещенный луч радара непрерывно направляется по мере движения летательного аппарата, что позволяет осветить одну и ту же область в течение более длительного времени. Режим сканирования (Scan) позволяет охватить гораздо большую площадь, но разрешение по азимуту ухудшается [2].

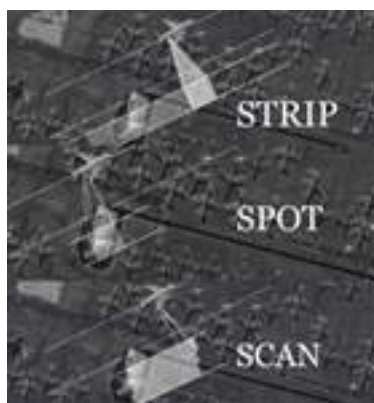


Рисунок 2. Режимы сканирования

К преимуществам использования радиолокаторов с синтезированной апертурой можно отнести:

- увеличение безопасности полетов: SAR радиолокаторы обеспечивают непрерывное и точное отслеживание полетов в реальном времени, что помогает предотвращать столкновения и обеспечивать безопасное движение воздушных судов.

- повышение эффективности поиска и спасения: благодаря способности SAR радиолокаторов обнаруживать объекты в любых условиях, операции по поиску и спасению могут быть

проведены быстро и эффективно.

-использование SAR радиолокаторов способствует улучшению взаимодействия между воздушными судами и наземными структурами.

-совместная работа с бортовым оборудованием: индикация более точного отображение рельефа пролетаемой местности, соответственно более точной навигации, облегчения пилотирования в тяжелых метеоусловиях, передачи более достоверных данных для систем GPWS, EGPWS, TAWS

-применение SAR радиолокаторов для целей разведки: применение БПЛА или ВС, оснащенных такой аппаратурой, позволяет получать точных изображений целевых объектов.

Оперируя с помощью указанных режимов и принципа работы, радар с синтезированной апертурой позволяет получать изображения с высоким разрешением и дополнительной информацией о дальности и высоте объектов. Этот метод является эффективным для изучения и визуализации сложных сцен, а также повышает производительность по сравнению с другими методами радиолокационного образования.

Список литературы:

1. Микроволновая аппаратура дистанционного зондирования поверхности Земли и атмосферы. Радиолокаторы с синтезированной апертурой антенны : учеб. пособие/ СПбГУАП. СПб (университет), 1999. – Ч. 2. – 220с.:
2. Воздушная радиолокационная станция с круговой поляризацией: теория, проектирование систем, аппаратная реализация и приложения SAR= Airborne Circularly Polarized SAR: Theory, System Design, Hardware Implementation, and Applications: учеб. пособие / Д. Т. Шри Сумантио, М. Я. Чуа, К. Э. Сантоса. – CRC Press, 2023.