

Моделирование и практическая проверка качества работы алгоритмов уменьшения ошибки измерения угловых координат в активном радиолокационном датчике со слабонаправленной антенной системой

Л. А. Костров, С. А. Николаев

ОАО «РТИ», НТЦ «Авиакосмические системы»

В связи с развитием и удешевлением технических программно-аппаратных средств, позволяющих осуществлять наблюдение и разведку с помощью дистанционно пилотируемых летательных аппаратов, большую важность приобретает разработка систем противодействия им. Важной составной частью таких систем является комплекс обнаружения, измерения координат, автосопровождения и целеуказания на основе активных радиолокационных датчиков (РЛД), характеризующихся малой стоимостью и высокой эффективностью.

Прежде всего, такие РЛД должны обеспечивать обнаружение сверхмалых радиолокационных целей (ЭПР от 0,001 до 0,1 м² для различных диапазонов волн) в широком диапазоне углов с малой ошибкой измерения угловых координат (менее 0,2°) при использовании слабонаправленных антенн.

Одной из проблем при измерении угловых координат являются случаи, когда несколько целей расположены на близких (менее элемента разрешения) дальностях от РЛД. Точность измерения угловых координат зависит от количества приемных антенн, отношения сигнала к шуму (ОСШ) и количества временных выборок, используемых для вычисления.

Существует множество методов оценки направления на источник сигнала, таких, как суммарно-разностная обработка, метод Кейпона [1][2], метод MUSIC [1][2][3], метод ESPRIT [1][2][3], метод RARE [4] и т. д. Сравнение этих методов показывает, что эффективность того или иного метода различна в зависимости от условий наблюдения.

В работе рассмотрено уменьшение ошибки измерения угловых координат при применении пространственного сглаживания [4]. Так как вышеприведенные методы схожи на тех этапах, что предшествуют пространственному сглаживанию, можно рассмотреть часть из них. В работе рассмотрено три способа вычисления угловых координат: суммарно-разностная обработка, алгоритм MUSIC и алгоритм MUSIC с применением пространственного сглаживания. Сравнение проведено методами численного моделирования, также проведена верификация алгоритмов при обработке реальных радиолокационных данных.

Результаты моделирования показали, что при измерении координат одиночной цели при высоких (выше 20 дБ) значениях ОСШ все указанные методы обеспечивают достаточную точность измерения. Сравнительное исследование различных методов при низких ОСШ приведено, в частности, в работе [3]. Здесь рассмотрена ситуация нескольких коррелированных сигналов от близко расположенных целей. При увеличении количества целей суммарно-разностная обработка не позволяет измерить угловое положение ни одной из них, в то время как метод MUSIC в обеих вариациях показывает положительные результаты.

В другой серии расчетов выполнено моделирование методов обнаружения для одного и того же числа целей с изменением интервала между ними по дальности и по азимуту. Показано, что в случае низкой корреляции отраженных сигналов точность методов обнаружения с применением пространственного сглаживания не отличается от остальных методов. Однако в случае высокой корреляции (что соответствует ситуации, когда цели находятся на одинаковом расстоянии от РЛД и движутся с одной скоростью) обычные методы не позволяют достичь высокой точности, в ряде случаев все цели не обнаруживаются, в то время как применение пространственного сглаживания позволяет получить достаточную точность при обнаружении всех целей.

Для сравнения методов на реальных входных данных использовался гомодинный РЛД диапазона 40 ГГц, включающий в себя четырехканальную приемную антенную систему. Рассмотрены три ситуации: одна цель, две цели на различных дистанциях, две цели на одной дистанции. Так, для последнего случая методы обнаружения с применением пространственного сглаживания показывают значительно лучшие результаты.

Литература

1. *Баланис К.А., Иоанидес П.И.* Введение в смарт-антенны. – М.: Техносфера, 2012. 200 с.
2. *Петров В.П., Шауэрман А.К.* Спектральные способы оценки направления источников сигналов в адаптивных антенных решетках. – Вестник СибГУТИ. 2011. №2. С. 53-62
3. *Шахтарин Б.И.* Сравнительная характеристика спектральных методов пеленгации. – Научный вестник МГТУ ГА. 2010. С. 80-85
4. *Маврычев Е.А.* Пространственное сглаживание для оценивания параметров коррелированных сигналов в антенных подрешетках с частичной калибровкой. – Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. 2010. №1. С. 20-27