

СИНТЕЗ УСТРОЙСТВА СОВМЕШНОГО ИЗМЕРЕНИЯ-РАСПОЗНАВАНИЯ С АДАПТАЦИЕЙ К УГЛАМ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОРИЕНТАЦИИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ

Свинарский М. В., Ярмолик С. Н., Храменков А. С., Зайко Е. В.

Кафедра автоматики, радиолокации и приемо-передающих устройств, Военная академия Республики

Беларусь

Минск, Республика Беларусь

E-mail: mechislav1993@gmail.com, yarmsergei@yandex.ru, xras.tech@mail.ru, zayko.eugene@mail.ru

В работе представлены результаты синтеза устройства совместного измерения-распознавания. Полученное устройство позволяет по измеренным оценкам углов пространственной ориентации цели адаптировать эталонные радиолокационные портреты к условиям наблюдения. Учет пространственной ориентации наблюдаемого объекта повышает эффективность решения задачи их распознавания.

ВВЕДЕНИЕ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Распознавание целей является одной из важных задач, которые должна решать радиолокационная станция в процессе своего функционирования. Под радиолокационным распознаванием принято понимать процесс отнесения исследуемого объекта, задаваемого совокупностью наблюдаемых реализаций принятого сигнала, к одному из взаимоисключающих классов [1]. При этом важно определить тактическое назначение наблюдаемых целей, поскольку такая информация, позволяет судить о намерениях противника, дает возможность оптимального построения атаки и расходования боевого ресурса [1]. По мере развития цифровой техники, а также в связи с расширением круга боевых задач, актуальность вопроса распознавания постоянно возрастает.

Процесс прогнозирования изменяющихся условий наблюдения объектов предполагает учет большого числа взаимосвязанных факторов, когда доступная информация характеризуется разнообразными формами и степенью детерминированности. Применительно к радиолокационным системам в качестве классификационных признаков широко используют радиолокационные портреты объектов наблюдения [2]. Под радиолокационным портретом (РЛП) понимают упорядоченную совокупность комплексных амплитуд отраженного сигнала, распределение квадратов модулей которых по рассматриваемым координатам соответствует распределению мощности отраженного сигнала [2].

Используемые РЛП зависят от распределения отражательных свойств цели вдоль анализируемой координаты пространства наблюдения, а также от ряда информативных и малоинформативных параметров [2]. Одним из параметров, который оказывает существенное влияние на эффективность классификации объектов, является пространственная ориентация объекта наблюдения (Θ) [2, 3]. Пространственную ориентацию радиолокационной цели в системе координат ли-

нии визирования (ЛВ) радиолокатора принято характеризовать совокупностью трех углов пространственной ориентации (УПО): курса, тангажа и крена [3].

Процесс принятия решения о классе наблюдаемого объекта предполагает сопоставление реализации обрабатываемого РЛП с имеющимися эталонными портретами. Следует отметить, что в процессе полета летательного аппарата (ЛА) постоянно изменяются его УПО относительно радиолокационной станции, обуславливая необходимость адаптации эталонных РЛП к текущим условиям наблюдения. Отсутствие информации о текущих значениях УПО ЛА существенно затрудняет решение задачи адаптации.

В процессе исследований была разработана методика оценивания УПО ЛА по имеющейся радиолокационной информации. Однако обеспечение высокой точности оценивания УПО ЛА вынуждает затрачивать значительные временные ресурсы [3]. Необходимость использования компромиссного решения между точностью оценивания УПО ЛА и располагаемым временным ресурсом вынуждает совершенствовать подходы к построению адаптивных систем.

Одним из способов адаптации РЛП к текущим условиям наблюдения, является учет закона распределения оценок УПО цели. В связи с тем, что радиолокатор ведет работу в условиях ограниченного временного ресурса, задачу измерения УПО цели и решения об ее классе необходимо решать совместно.

Целью доклада является синтез структуры устройства совместного измерения-распознавания радиолокационных объектов с адаптацией эталонных РЛП к пространственной ориентации распознаваемой цели.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Одним из способов повышения эффективности современных радиотехнических систем является совместное решение задач радиолокационного наблюдения [4]. Совместное решение

задач измерения параметров и распознавания классов рассмотрено в работах [4, 5]. При синтезе структуры таких радиотехнических систем в условиях априорной неопределенности (в данном случае относительно пространственной ориентации объекта наблюдения) наиболее распространенным является Байесовский подход. Применительно к синтезу радиолокационных систем в условиях априорной неопределенности байесовский подход подразумевает формирование оценок среднего (апостериорного) риска на основе данных наблюдения и минимизацию этих оценок выбором правил решения [4, 5].

Следует отметить, что решение задачи радиолокационного распознавания ведется в условиях параметрической неопределенности относительно пространственной ориентации объекта наблюдения в системе координат ЛВ радиолокатора. Задача отождествления сопровождаемых траекторий с разовыми оценками решена, цель наблюдается и обнаруживается в каждом обзоре. Требуется определить класс сопровождаемой цели.

В качестве критерия синтеза устройства использован минимум апостериорного риска (1), совместного распознавания класса объекта наблюдения и измерения его пространственной ориентации, с простой функцией стоимости принятия решения о классе цели и квадратичной функцией потерь для задачи измерения [4, 5]. В формуле (1): A_l – гипотеза о, объекте l-го класса; $\hat{\Theta}$ – оценка УПО ЛА; ξ – элементы РЛП; $p(\xi)$ – безусловная плотность распределения ξ ; $p(A_g)$ – априорная вероятность появления объекта g-го класса; $\Lambda(\xi|A_g)$ – условное отношение правдоподобия при справедливости гипотезы A_g ; $\Pi_l g$ – стоимости за решение об объекте l-го класса при

условии, что он g-го; Θ – истинное значение УПО ЛА; M – количество классов.

Путем минимизации апостериорного риска (1) получено двухфункциональное решающее правило распознавания класса объекта наблюдения с адаптацией к его пространственной ориентации. Полученное решающее правило включает в себя: оценку пространственной ориентации объекта наблюдения и принятие решение о его классе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Синтезировано устройство распознавания объектов наблюдения с адаптацией к углам их пространственной ориентации. Алгоритм работы синтезированного устройства совместно измерения-распознавания определяется двухфункциональным решающим правилом, позволяющим получить оценку УПО ЛА и использовать ее для адаптации РЛП объекта наблюдения с целью распознавания его класса.

1. Фукунага, К. Введение в статистическую теорию распознавания образов / К. Фукунага. – М.: Наука, 1979. – 307 с.
2. Курлович, В. И. Основы теории радиосистем: учеб. пособие / В. И. Курлович, С. В. Шаляпин. – Минск : ВА РБ, 1999. – 342 с.
3. Ярмолик, С. Н. Повышение точности оценивания ориентации летательного аппарата в интересах адаптации радиолокационных портретов к условиям наблюдения / С. Н. Ярмолик, М. В. Свиначский, А. С. Храменков, Е. В. Зайко. // Доклады БГУИР, 2018. – №5. С. 57–64.
4. Трифонов, А. П. Совместное различие сигналов и оценка их параметров на фоне помех / А. П. Трифонов, Ю. С. Шинаков. – М.: Радио и связь, 1986. – 264 с.
5. Репин, В. Г. Статистический синтез при априорной неопределенности и адаптации информационных систем / В. Г. Репин, Г. П. Тартаковский. – М.: «Советское радио», 1977. – 432 с.

$$R(A_l, \hat{\Theta}, \xi) = \frac{1}{p(\xi)} \sum_{g=1}^M p(A_g) \Lambda(\xi|A_g) \left[\Pi_l g + \int_{\Theta} (\hat{\Theta} - \Theta)^T (\hat{\Theta} - \Theta) p(\Theta|\xi, A_g) d\Theta \right], l = \overline{1, M} \quad (1)$$