

# ОСОБЕННОСТИ АДАПТАЦИИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ РАСПОЗНАВАНИЯ К ОРИЕНТАЦИИ ЦЕЛИ В ПРОСТРАНСТВЕ НАБЛЮДЕНИЯ

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

Кафедра радиолокации и приемно-передающих устройств, Военная академия Республики Беларусь  
Минск, Республика Беларусь

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

*В статье представлен способ оценки пространственной ориентации летательного аппарата. Показана возможность использования формируемых оценок в интересах адаптации эталонных радиолокационных портретов к условиям наблюдения цели. Эффективность предложенной методики подтверждена методом математического моделирования.*

## ВВЕДЕНИЕ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

На сегодняшний день элементы теории радиолокационного распознавания широко используются как в гражданской, так и в военной сферах деятельности. Результаты распознавания применяются при решении широкого круга задач: целераспределения, целеуказания, селекции целей, в медицинской и технической диагностике и т.п. Однако, несмотря на столь широкий интерес к задаче классификации объектов, существует ряд проблем, снижающих эффективность практического использования распознающих систем. Весьма важным является вопрос преодоления априорной неопределенности относительно параметров полезных сигналов и помех.

При решении задачи распознавания в радиолокационных системах в качестве классификационных признаков, как правило, используют радиолокационные портреты (РЛП) объектов наблюдения. Под РЛП понимают совокупность комплексных амплитуд отраженного сигнала, распределение квадратов модулей которых по анализируемой координате соответствует распределению мощности отраженного сигнала [1].

Процесс принятия решения о классе наблюдаемого объекта предполагает сопоставление реализации наблюдаемого РЛП с имеющимися эталонными портретами. Эффективность принимаемого решения во многом зависит от оптимальности процедуры обработки выделенного РЛП и степени соответствия портрета эталону. В [1] приведены результаты исследований характеристик распознавания при наличии рассогласования по ракурсу между наблюдаемым и эталонными портретами радиолокационного объекта. В ходе исследований наблюдалось уменьшение вероятности правильного распознавания в среднем до 30 процентов, что обуславливает необходимость процедуры адаптации эталонных портретов к условиям наблюдения.

В процессе пространственного перемещения летательный аппарат (ЛА) постоянно изменяет свою пространственную ориентацию относительно радиолокатора (см. рис. 2). В связи с этим при формировании совокупности эталонных портретов

наблюдаемого объекта применительно к анализируемым условиям наблюдения возникает задача оценивания и учета пространственной ориентации объекта, наблюдаемого в системе координат (СК), связанной с линией визирования (ЛВ) цели.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Радиолокатор оценивает координаты объекта в земной СК, ось  $OX_g$  которой, направлена на север, ось  $OZ_g$  – на восток, ось  $OY_g$  ориентирована таким образом, чтобы образовалась правая тройка векторов. Пространственная ориентация объекта в связанной СК, ось  $OX$  которой совпадает с вектором скорости объекта, как правило, определяется с помощью углов Эйлера: углов рысканья, тангажа и крена [2]. Под углом рысканья (курса)  $\psi$  принято понимать угол между направлением оси  $OX_g$  и проекцией связанной оси  $OX$  на горизонтальную плоскость (см. рисунок 1.а) [2]. Угол тангажа  $\vartheta$  – угол между горизонтальной плоскостью  $X_gOZ_g$  и направлением связанной оси  $OX$  (см. рисунок 1.б) [2]. Под углом крена  $\gamma$  понимают угол между вертикальной плоскостью, содержащей ось  $OX$  и вертикальной плоскостью симметрии летательного аппарата (см. рисунок 1.в) [2].

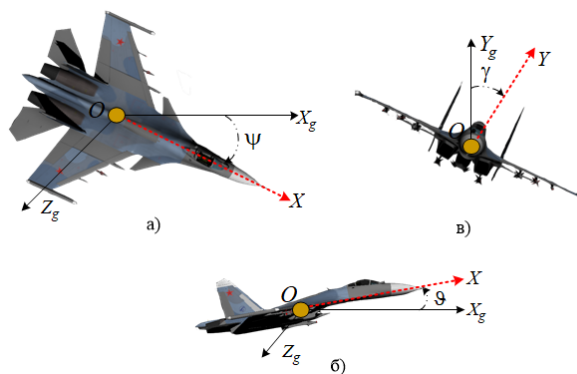


Рис. 1 – Определение угла: а – курса; б – тангажа; в – крена

РЛП наблюдаемого объекта, как правило, формируется относительно линии визирования. Следовательно, формирование эталонных РЛП

необходимо осуществлять применительно к текущей пространственной ориентации объекта. При этом процесс адаптации эталонных РЛП предполагает оценивание и учет углов, характеризующих пространственное положение ЛА в СК, связанной с линией визирования объекта.

Проведенные исследования позволили сформулировать методику оценивания углов, характеризующих пространственную ориентацию объекта в СК линии визирования. Данная методика предполагает следующие операции:

1. Расчет углов курса, тангажа, крена ЛА в земной СК.
2. Переход от связанной СК к земной СК (определяется положение связанной СК в земной).
3. Переход от земной СК к СК ЛВ (определяется положение земной СК в СК ЛВ).
4. Расчет углов курса и тангажа в СК ЛВ.
5. Переход от СК ЛВ к связанной СК (осуществляется коррекция углов курса и тангажа, обеспечивающая оценивание угла крена в СК ЛВ).
6. Расчет угла крена в связанной СК ЛВ.

Исходными данными для нахождения углов характеризующих пространственное положение цели относительно СК линии визирования являются измеренные прямоугольные координаты ЛА. С целью подтверждения работоспособности предложенной методики производилось математическое моделирование процесса оценивания пространственной ориентации ЛА при его полете по прямолинейной траектории с постоянной высотой (см. рис. 2).

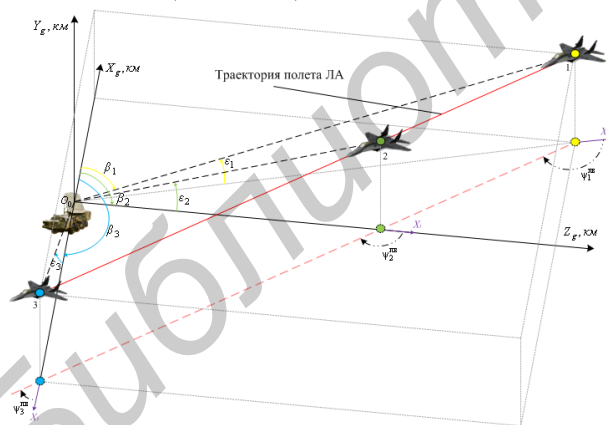


Рис. 2 – Траектория полета ЛА

Исходные данные для моделирования: начальная дальность полета ЛА 70 (км); начальный азимут полета ЛА 60 (град); начальная высота полета ЛА 10 (км); начальный курс полета ЛА 200 (град); период обзора РЛС 5 (с).

На рисунке 3 представлен результат расчета углов курса, тангажа, крена в СК ЛВ, проводимый по разовым оценкам прямоугольных координат, а также истинные значения углов.

Приведенные результаты показывают, что оценки углов ориентации объекта, формируемые

по разовым оценкам прямоугольных координат, характеризуются большим разбросом значений, что не позволит использовать их в процессе адаптации РЛП к условиям наблюдения. С целью повышения точности измерения истинных углов необходимо использовать не разовые оценки прямоугольных координат объекта, а их фильтрованные значения [3].

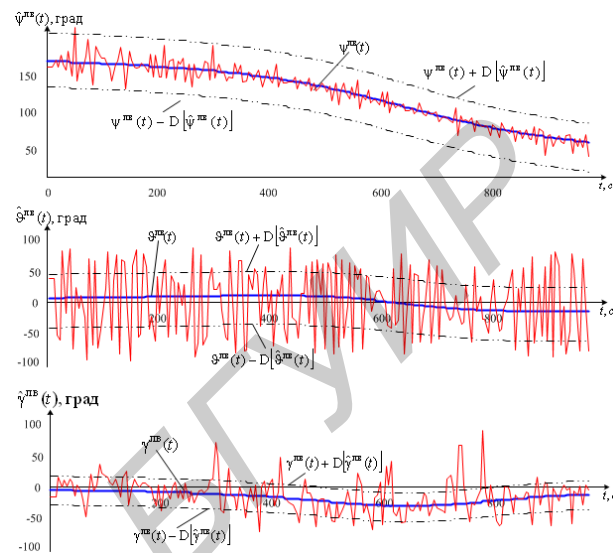


Рис. 3 – Измеренные значения углов курса, тангажа, крена по разовым оценкам прямоугольных координат в СК ЛВ

На рисунке 4 представлены измеренные значения угла курса, формируемые на основе фильтрованных значений прямоугольных координат радиолокационного объекта.

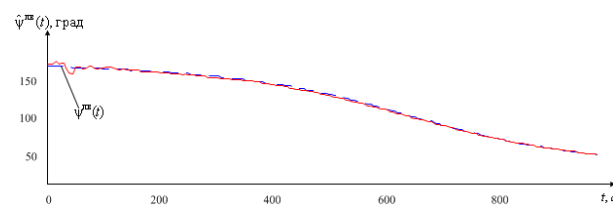


Рис. 4 – Измеренные значения угла курса по фильтрованным оценкам прямоугольных координат в СК ЛВ

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты свидетельствуют о работоспособности предложенной методики, подтверждая возможность решения задачи адаптации эталонных РЛП наблюдаемого объекта к текущим условиям его наблюдения.

1. Свинарский, М. В. Влияние ракурса наблюдения на эффективность классификации радиолокационных объектов / М. В. Свинарский, С. Н. Ярмолик, А. С. Храменков. // Доклады БГУИР, 2017 г. – №2. С. 31–38.
2. Колесников, А. А. Новые нелинейные методы управления полетом / А. А. Колесников. — М.: ФИЗМАТ-ЛИТ, 2013. —196 с.
3. Фарина, А. Цифровая обработка радиолокационной информации. Сопровождение целей / А. Фарина, Ф. Студер. — М.: Радио и связь, 1993. —320 с.