

МЕЖОБЗОРНАЯ СЕЛЕКЦИЯ ДВИЖУЩИХСЯ ЦЕЛЕЙ НА ФОНЕ ДИСКРЕТНЫХ МЕШАЮЩИХ ОТРАЖЕНИЙ, УЧИТЫВАЮЩАЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИНЯТОГО СИГНАЛА ПО ПРОСТРАНСТВУ РАДИОЛОКАЦИОННОГО НАБЛЮДЕНИЯ

А. С. Солонар, П. А. Хмарский

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

E-mail: {solonar, khmarski}andssnew@yandex.ru, pierre2009@mail.ru

Предложен новый способ учета распределения принятого сигнала по пространству радиолокационного наблюдения для межобзорной селекции движущихся целей на фоне дискретных мешающих отражений. Приведены результаты сопоставительного моделирования, анализа и экспериментальных исследований синтезированного устройства межобзорной селекции движущихся целей, учитывающего распределение принятого сигнала по пространству радиолокационного наблюдения.

ВВЕДЕНИЕ

Наряду с отметками от летательных аппаратов (ЛА) на выходе устройства первичной обработки наблюдаются отметки, сформированные от остатков компенсации поверхностно и объемно распределенных мешающих отражений, называемые дискретными мешающими отражениями (ДМО) [1, 2]. Интенсивный поток ложных отметок может полностью парализовать режимы автоматического обнаружения и сопровождения целей в радиолокационных системах управления воздушным движением [1-5]. Для решения задачи выделения истинных отметок целей на фоне ДМО в состав современных импульсных РЛС обзора (сантиметрового и дециметрового диапазонов длин волн) включаются устройства, реализующие методы межобзорной селекции целей. Для импульсных РЛС обзора известны следующие разновидности алгоритмов межобзорной селекции движущихся целей [1, 2, 4, 5]: алгоритмы с применением карты помех, с траекторной обработкой, так называемые алгоритмы «с сопровождением до обнаружения» (track-before-detect), алгоритмы селекции с одновременным сопровождением ДМО и целей на этапе вторичной обработки. Задача селекции радиолокационных отметок истинных целей на фоне ложных рассматривается как частный случай решения задачи радиолокационного распознавания при числе альтернатив, равном двум [2]. В дальнейшем под задачей селекции будем понимать задачу распознавания двух классов объектов радиолокационного наблюдения: цель и ДМО. При этом в класс «ДМО» включаются как мешающие отражения от сосредоточенных отражателей, так и остатки компенсации мешающих отражений от поверхностно или объемно распределенных отражателей. Класс «цель» будет содержать все аэродинамические летательные аппараты, скорости движения которых превышают максимально возможную скорость вет-

ра 35 м/с, что справедливо для европейских районов [2]. Предполагается, что для селекции малоскоростных летательных аппаратов типа вертолетов, воздушных шаров, дельтапланов и беспилотных летательных аппаратов используются иные методы, не рассматриваемые в данных исследованиях.

Алгоритмы межобзорной селекции движущихся целей, в основе которых лежат карты помех, отличаются относительной простотой реализации. Карта помех учитывает пространственное распределение принятого сигнала – для этого пространство радиолокационного наблюдения разбивается на «ячейки». Минимальные размеры ячеек ограничены ошибками разового оценивания и дополнительными флуктуациями по пространству остатков компенсации распределенных ДМО, а также зависят от минимальной скорости цели. В пределах каждой ячейки производится подсчет числа отметок, попавших в нее за фиксированное число обзоров, и критерийное обнаружение ДМО. Мешающие отражатели практически не перемещаются или перемещаются со скоростью ветра, что позволяет обнаруживать факт их наличия в пределах одной ячейки. Отметки движущихся целей попадают в разные ячейки от обзора к обзору. Селекция заключается в присваивании отметке класса – «ДМО», если она попала в ячейку с решением об обнаружении «ДМО», и «цель» в противном случае. На практике размеры ячейки по каждой координате выбирают равным 2–10 размерам элемента разрешения, также существуют системы, использующие для обновления карты помех дополнительные «крупные» ячейки размером до 30 элементов разрешения [5]. Главным достоинством межобзорной селекции движущихся целей с картой помех является возможность принятия решения о классе отметки. Недостатки метода межобзорной селекции движущихся целей с картой помех [5]: низкая пространственная избирательность (ячейки имеют относительно большой

размер, что может привести к попаданию отметки цели в ячейку с ДМО); относительно длительные переходные процессы при перемещении ДМО из ячейки в ячейку; низкая достоверность информации об «истинных» отметках, так как не учитывается предыстория перемещения движущихся целей.

В последнее время широкое распространение получили алгоритмы «сопровождения до обнаружения» (track-before-detect) [2, 4], некогерентно накапливающие распределение принятого сигнала по пространству радиолокационного наблюдения и принимающие решение о наличии цели по нескольким смежным обзорам. В основе этих алгоритмов лежат процедуры динамического программирования. К недостаткам данных алгоритмов относят [2]: значительное повышение вычислительной сложности при обнаружении движущихся целей; нарушение работоспособности алгоритма при нестационарности шума или при попадании отраженного сигнала в окно анализа среднего уровня шума.

Сочетание алгоритмов с применением карты помех и алгоритмов с одновременным сопровождением ДМО и целей позволяет повысить качество межобзорной селекции движущихся целей [1, 2, 4, 5]. Алгоритмы на основе карт помех здесь используются для предварительной селекции. Задачей карты помех в этом случае является принятие решения о классе отметки: «цель» или «ДМО», после чего отметка выдается на устройство межобзорной селекции движущихся целей с одновременным сопровождением ДМО и целей. По ДМО новые траектории не создаются. В процессе отождествления отметок и траекторий принимают участие все отметки, что позволяет сопровождать траектории движущихся целей, входящих в область интенсивных ДМО. Все основные недостатки межобзорной селекции движущихся целей с сочетанием карты помех и одновременным сопровождением ДМО и целей обусловлены недостатками карт помех (в основном длительными переходными процессами и низкой пространственной избирательностью).

Для дальнейшего повышения качества межобзорной селекции движущихся целей необходим новый способ учета распределения принятого сигнала по пространству радиолокационного наблюдения, позволяющий отказаться от использования карты помех и этапа предварительной селекции.

В рамках проведенных исследований был разработан новый способ учета распределения принятого сигнала по пространству радиолокационного наблюдения для межобзорной селекции движущихся целей на фоне ДМО [2]. Особенностью разработанного способа является использование распределения принятого сигнала по пространству радиолокационного наблюдения для формирования двух альтернативных функ-

ций правдоподобия за один контакт с целью. Устройство обработки, реализующее этот метод, должно включать два канала [2]: первый – для подавления мешающих отражений, второй – для подавления отраженного сигнала. Алгоритм работы синтезированного устройства определяется двухфункциональным решающим правилом, позволяющим селективировать движущиеся цели на фоне дискретных мешающих отражений и получить совместную оценку параметров сопровождаемой цели. В целях устранения скачкообразного изменения коэффициента правдоподобия по траекторным признакам, априорные распределения траекторных признаков селекции предлагается описывать при помощи обобщенных гауссовых плотностей, усеченных слева в нуле [2]. Вычисление интегралов, входящих в коэффициенты правдоподобия по траекторным признакам предлагается осуществлять методом Монте-Карло, что позволяет учитывать форму априорной плотности любой сложности, а требуемая точность такого вычисления коэффициентов правдоподобия определяется числом случайных отсчетов Монте-Карло [2].

В докладе будут представлены:

1. Результаты синтеза устройства межобзорной селекции движущихся целей на фоне ДМО, учитывающего распределение принятого сигнала по пространству радиолокационного наблюдения и траекторные признаки селекции.
 2. Разработанная структурная схема устройства, реализующего метод межобзорной селекции движущихся целей на фоне дискретных мешающих отражений и учитывающего распределение принятого сигнала по пространству радиолокационного наблюдения.
 3. Результаты сопоставительного моделирования, анализа и экспериментальных исследований синтезированного устройства межобзорной селекции движущихся целей для радиолокаторов кругового обзора.
1. Плекин, В. Я. Цифровые устройства селекции движущихся целей / В.Я.Плекин. – М.: Сайнс-Пресс, 2003. – 81 с.
 2. Солонар, А. С. Синтез устройства межобзорной селекции движущихся целей для радиолокаторов кругового обзора, учитывающего распределение принятого сигнала по пространству радиолокационного наблюдения / А. С. Солонар, П. А. Хмарский // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2015. – № 2 (47). – С. 134 – 150.
 3. Радиоэлектронные системы. Основы построения и теория. Справочник. / Под редакцией Я. Д. Ширмана. – М.: Радиотехника, 2007. – 510с.
 4. Справочник по радиолокации / Под ред. М. И. Скольника. Пер. с англ. под общей ред. В. С. Вербы. Книга 1. – М.: Техносфера, 2014. – 672 с.
 5. Межобзорная компенсация дискретных мешающих отражений с формированием карты помех и накоплением решений / А. С. Солонар, С. А. Горшков, П. А. Хмарский, В. А. Вашкевич // Доклады БГУИР. – 2015. – № 4 (90). – С. 74 – 79.