

КАРТИННЫЕ МЕТОДЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ И АНАЛИЗА РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ В ОБЗОРНЫХ РЛС

В.В. ЖИРНОВ, А.И. ДОХОВ, С.И. БУРКОВСКИЙ

Приводятся результаты решения задач формирования и обработки картинных образов радиолокационной информации в обзорных РЛС с единых позиций как задачи классификации всей совокупности отметок на полезные и бесполезны. Такой подход позволяет унифицировать алгоритмы и устройства обработки и обеспечить оптимизацию функционирования РЛС в сложных условиях мешающих отражений.

The results of solving problems of forming and processing picture images radar-tracking information in surveillance radars from common positions as problems of classifying the whole set of target echoes into useful and non-useful ones. Such an approach enables to unify processing algorithms and devices and ensures optimization of operation of radars under complicated conditions of hindering reflections.

1. Введение

Постоянное совершенствование информационных средств обеспечения безопасности воздушного движения и автоматизации процессов управления воздушным движением требуют совершенствования процедур обработки радиолокационной информации, так как решить эти задачи существующими способами в полной мере не удастся. Актуальны также вопросы более полного использования и качественного повышения информационных возможностей РЛС, особенно в зоне местных предметов, гидрометеоров, отражений от искусственных облаков, дипольных отражателей, дискретных мешающих отражений (ДМО), в том числе типа «ангел-эхо» (АЭ).

Основные недостатки системы обработки информации существующего парка РЛС:

не защищены от пассивных помех типа «ангел-эхо». Целеподобные мешающие отражения типа «ангел-эхо» не подавляются существующими системами СДЦ. Наличие таких помех было отмечено еще в 40-х годах прошлого века. [1] Нестационарный характер мешающих отражений подобного типа диктует адаптацию алгоритмов обработки сигналов в зависимости от того, что «наблюдается» в ячейке разрешения конечного каскада обработки;

аналогичную роль незащищенных помех могут играть остатки от систем СДЦ на фоне мешающих отражений от местных предметов, гидрометеоров, отражений от искусственных облаков, дипольных отражателей и так далее;

существующие виды и системы обработки, в том числе система стабилизации уровня ложных тревог (СУЛТ), не совершенны, что приводит к пропуску целей. В особенности это касается целей типа малозаметных (МЗЦ), например, типа беспилотных летающих аппаратов (БПЛА) на фоне мешающих отражений типа «ангел-эхо». Могут быть также разные комбинации помехового фона, например, МП плюс фон неба или земли, МП плюс дискретные мешающие отражения, при которых обнаружение отметок целей при существующей системе обработки затруднено. На практике чистого помехового фона не существует. Также

сложной является сигнально-помеховая обстановка, которая образуется в результате наложения пассивных и активных (импульсных) помех;

в существующих системах обработки, как правило, есть запас по порогу помехового фона, так как не всегда учитывается факт нестационарности фона по пространству и во времени;

существующие тракты обработки сигналов негибкие по отношению к интенсивности принимаемых сигналов (слабые – сильные) и к флуктуациям их амплитуд. На сегодняшний день не разработаны устройства и процедуры обработки сигналов, способные обеспечивать эффективное обнаружение слабых эхо – сигналов малозаметных объектов на фоне мешающих отражений от неоднородностей атмосферы в приземной среде при малых углах скольжения диаграммы направленности антенны.

Основные тенденции совершенствования техники обработки сигналов и информации определяются еще и тем, что в современных РЛС человек – оператор, имея данные о радиолокационной обстановке в картинном виде о координатах, форме, яркости и многообзорной предыстории полезных и помеховых отметок, достаточно эффективно извлекал РЛИ и передавал потребителю. Основными недостатками при этом являлись: низкая скорость съема и передачи информации (до 4–6 целей на одного оператора) и ошибки определения координат летательных аппаратов (ЛА).

В системах обработки РЛИ также существовали операции, основанные на анализе совокупной информации о радиолокационных отметках текущего и нескольких предыдущих циклов обзора пространства, обеспечивающих завязку трасс ЛА и их сопровождение. Соответствующие алгоритмы реализовывались аппаратно в отдельных устройствах первичной и вторичной обработки, включаемых последовательно. Такое последовательное использование информации приводило к существенным потерям превосходства человека-оператора при реализации сложных алгоритмов обработки РЛИ в условиях множественных имитирующих и комбинированных помех. Эти преимущества оператора связаны с возможностью параллельного

восприятия информации как картины и использования при сравнительном анализе и принятии решения информации в виде картинных образов. При этом наличие энергетического или доплеровского контраста эхо-сигналов отметок целей на фоне помех человек-оператор может определить не по превышению амплитудного порога, а по анализу квалификационных признаков, что особенно эффективно при выделении слабых эхо-сигналов малозаметных объектов.

Исходя из анализа вышеприведенных недостатков и тенденций совершенствования техники обработки сигналов и информации существующего парка РЛС, можно сформулировать следующие предложения:

в РЛС необходима такая обработка, которая позволяла бы сохранять исходную информацию и использовать ее на всех этапах обработки, объединяла бы и первичную и вторичную обработку на основе использования предварительных результатов для корректировки режимов обработки;

необходимо ввести классификационные процедуры выделения полезного сигнала на фоне помеховых компонентов с использованием их амплитудных, спектральных и статистических характеристик;

для использования положительных свойств алгоритмов человека-оператора необходимо исследовать и формализовать реальные алгоритмы оператора.

Основным преимуществом алгоритмов человека-оператора является вариативный комплексный анализ пространственно-временной картины, отображаемой на экране индикатора. Оператор не связан жесткой последовательностью операций обработки РЛИ. Он выделяет (обнаруживает) отметки – логически накапливаемые пачки импульсов, оценивает и выдает их координаты, но в основном выделяет (фильтрует) геометрические образы трасс ЛА и помехового фона. Это позволяет регулировать неявные пороги визуального обнаружения, откладывать, отменять и изменять недостоверные решения и оценки, принимать решения по накопленному траекторному сигналу (образцу) ЛА, присваивать признаки и так далее.

Из анализа современного состояния техники обработки радиолокационных сигналов следует, что при создании современных унифицированных модулей обработки (УМО) наиболее целесообразны картинные методы извлечения и анализа радиолокационной информации или так называемые картинные технологии обработки (КТО) [6]. Они объединяют детальные цифровые карты сигналов, помех и их преобразований и процессоры обработки, использующие улучшенные алгоритмы.

Цифровая картинная технология универсальна, она может быть использована как в видеотракте, так и в адаптивных системах помехозащиты, то есть для когерентной обработки сигналов в радиотракте РЛС, включая доплеровскую фильтрацию сигналов и пространственную селекцию на фоне активных помех. Весь модуль обработки может быть выполнен по цифровой картинной технологии на стандартной элементной базе. Потребуются до 8...10 массивов для записи и хранения

входных, промежуточных и финальных РЛ данных в единой координатной системе, несколько процессоров и шина обмена.

Картинный принцип удобен для приема, обработки и использования координатной и некоординатной РЛИ, поступающей от любых систем активного запроса – ответа (САЗО), в том числе вторичных РЛС систем управления воздушным движением (УВД).

Естественно, что принципиально новым становится качество отображения РЛИ, причем не только вторичной, что сейчас общепринято, но и первичной – абсолютно необходимой в любых обзорных РЛС.

Основную трудность при автоматизации процесса обнаружения и съема радиолокационной информации составляют ложные отметки, представляющих собой мешающие отражения от дискретных образований (локальных неоднородностей атмосферы, разного рода метеообразований, стаи птиц, насекомых, точечных местных предметов). Их называют дискретными мешающими отражениями. По характеру отражений ДМО следует разделить на две группы. Первую группу составляют отметки, образованные отражениями от различного рода точечных местных предметов, а также некомпенсированными остатками отражений от протяженных местных предметов. Ко второй группе отметок следует отнести отражения от различного рода неоднородностей, существующих в атмосфере и известных под названием «ангел-эхо» (АЭ). Отличительной особенностью отметок такого рода мешающих отражений является их сравнительная межпериодная фазовая нестабильность и межобзорная позиционная стабильность.

2. Ангел-эхо: сущность проблемы и трудностей ее решения

Термин ангел-эхо [1, 2, 4, 6] охватывает много разновидностей ложных отметок, различных по своей природе, вероятности и степени мешающего действия. Для наземных обзорных РЛС главные трудности связаны с рассеянием радиоволн на нестационарных неоднородностях атмосферы, что приводит к возвратно-наклонному зондированию и загоризонтному обнаружению множества наземных блестящих точек. При этом на экране индикатора РЛС может наблюдаться до нескольких тысяч отметок ложных воздушных объектов, весьма сходных с малоразмерными летательными аппаратами по дальности (до 150 км), высоте (до 3...4 км) и эффективной поверхности рассеяния (до 1 м²).

Спектральные характеристики [1, 2, 4] флуктуаций сигналов, отраженных от неоднородностей атмосферы приземной окружающей среды, перекрывают, как правило, спектр флуктуаций летательных аппаратов. Ширина спектров флуктуаций ДМО для $\lambda_1 = 10$ см и $\lambda_2 = 3$ см при ясной сухой погоде, измеренных весной в утреннее и вечернее время, составляет соответственно $\Delta f_1 = 180...300$ Гц и $\Delta f_2 = 600...1000$ Гц, что существенно больше ширины спектров эхо-сигналов малоскоростных летательных аппаратов (соответственно $\Delta f_1 < 100$ Гц и $\Delta f_2 < 300$ Гц).

Центральное смещение спектров определяется силой ветра (волнение атмосферы), длиной волны РЛС углом между направлением ветра и лучом РЛС и при скорости ветра 2...5 м/с для $\lambda = 10$ см и $\lambda = 3$ см может достигать соответственно 120 Гц и 450 Гц.

Для таких АЭ характерны:

большая ширина, случайная структура и нестационарность спектра флуктуаций;

относительная (но не абсолютная) межобзорная хаотичность размеров, формы и положения (позиции) отметок;

глубокие и длительные случайные замирания (дружные флуктуации) любой отметки АЭ, взаимно независимые по ансамблю.

Ввиду указанных свойств множественных АЭ не могут быть эффективными традиционные методы ослабления или режекции их сигналов и отметок, такие как:

1. Череспериодное и черезобзорное вычитание сигналов.

2. Доплеровская режекция или отсечка АЭ по радиальной скорости.

3. Амплитудная селекция (в том числе так называемая шумовая ВАРУ).

4. Многообзорное сопоставление координат отметок для разделения отметок целей и АЭ по путевой скорости (вторичная или трассовая обработка РЛИ).

Метод 1 неэффективен из-за быстрых флуктуаций АЭ. Устранение АЭ методами 2 и 3 связано с приемлемо большими потерями РЛИ о воздушных целях, а в системах обработки по 4-му методу без существенного в 10 и более раз) сокращения потока АЭ слишком велико число ложных трасс. В то же время задачу опровержения отметок ЛА на фоне АЭ успешно решает система «индикатор кругового обзора (ИКО) – оператор», однако размеры области анализа и возможности первичного обнаружения отметок ЛА в зоне АЭ ограничены психофизическими особенностями человека-оператора. Алгоритмы работы оператора были использованы авторами в цифровых системах с КТО, защиты обзорных РЛС от АЭ – устройствах многообзорной обработки сигналов (УМО).

3. Особенности построения систем обработки с учетом картинных образов сигнально-помеховой обстановки

Имеющийся опыт разработки картинных технологий обработки как систем извлечения и обработки РЛИ позволяет рекомендовать следующие подходы при их реализации:

запись, обновление, хранение и использование децимальных массивов (картин) входных и преобразованных РЛ данных. Пространственно-временные объемы картин и детальность записи определяются, желательно, с избыточностью, исходя из свойств РЛС, объектов локации и возможной помеховой ситуации;

отказ от «жестких» необратимых пороговых процедур в пользу «мягкой» классификации наличного (до-

ступного) массива РЛ данных на основе многофакторного анализа. Отсекаться могут шумовые выбросы и импульсные помехи. Сохранение массива классифицированных радиолокационных отметок в течение ряда обзоров дает возможность исправления ошибок и адаптации алгоритмов обработки к конкретной сигнально-помеховой обстановке;

формирование картинных образов радиолокационной информации на разных этапах обработки с единых позиций для решения задачи классификации всей совокупности отметок на полезные и бесполезные;

выделение из картин и применение пространственно-временных и иных многомерных образов (отметок, трасс, портретов) объектов локации, более информативных, чем координатные точки, оценки параметров и так далее.

В целом же отслеживание изменений, происходящих в карте интенсивностей отражений лоцируемой зоны обзора в процессе многообзорной обработки, позволяет формировать признаки, используемые для отождествления радиолокационных отметок (РЛО). Обнаружение и выделение подвижных отметок в обзорных РЛС практически всегда производится на фоне комбинированных помех, то есть совокупности активных шумовых и импульсных помех, а также различного рода мешающих отражений.

Можно выделить четыре существенно различающихся между собой варианта картинных образов сигнально-помеховой обстановки (СПО), в условиях которой производится обнаружение и отметок подвижных объектов.

Вариант 1. Обнаружение радиолокационных отметок целей вне зоны мешающих отражений. При этом особенности картинного образа СПО связаны необходимостью обнаружения отметок ЛА на фоне активных шумовых помех (АШП) и собственных шумов приемника. При этом необходимо оценить параметры АШП и шумового фона и разработать алгоритм определения логического порога обнаружения на основе этих оценок. Селекция отметок ЛА производится на основе анализа картины всех обнаруженных отметок.

Вариант 2. Обнаружение и селекция РЛО целей на фоне мощных стационарных во времени и пространстве мешающих отражений (МО) от подстилающей поверхности. При этом необходимо сначала осуществить режекцию МО, а затем на основе анализа картинного образа за счет шумов и остатков МО разработать алгоритм установления соответствующего логического порога принятия решения. Задача селекции отметок ЛА усложняется наличием некомпенсированных остатков помех в виде ДМО.

Вариант 3. Обнаружение РЛО целей на фоне МО малой интенсивностей от метеопреобразований, дипольных отражателей и морской поверхности. Здесь также необходимо сначала осуществить режекцию МО, учитывая смещение и расширение доплеровского спектра отражений за счет воздействия ветра, турбулентностей атмосферы и движения волн. Затем необходимо на основе анализа картинного образа фона за счет шумов

и остатков МО разработать алгоритм определения логического порога принятия решения.

Вариант 4. Обнаружение и селекция РЛО целей на фоне дискретных МО, в том числе помех типа «ангел-эхо», является одной из труднейших задач. Это объясняется, в первую очередь, тем, что РЛО данного типа подобны отметкам подвижных целей, являются нестационарными по месту и времени. Спектр флуктуаций помеховых сигналов данного типа достаточно широкий, и существующие системы СДЦ недостаточно эффективны для борьбы с ними. Поэтому используют набор более простых в реализации и оптимальных или квазиоптимальных процедур картинной обработки для различных вариантов АЭ обстановки, комбинируя их использование.

Из анализа вариантов следует, что если в СПО импульсные помехи присутствуют не постоянно, то мешающие отражения от поверхности земли или моря существуют, как правило, всегда. Синтез адаптивных систем, оптимальных для всех типов мешающих отражений, является сложной проблемой, поэтому в большинстве случаев используют набор более простых в реализации и оптимальных или квазиоптимальных процедур картинной обработки для различных вариантов картинных образов сигнально-помеховой обстановки, комбинируя их использование.

4. Возможные программно-аппаратные средства картинных технологий обработки

Первые образцы устройств обработки с использованием картинных методов извлечения и анализа радиолокационной информации были выполнены в виде автономных цифровых модулей. Они включались в разрыв видеотракта обзорной РЛС с целью выявления и бланкирования АЭ и других ДМО, работали в реальном масштабе. Типовая структура и включение УМО в видеотракт показаны на рис. 1.

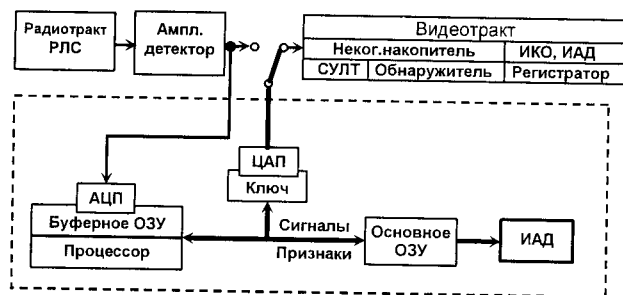


Рис. 1. Вариант универсального модуля обработки сигналов

Основными элементами УМО являются оперативные запоминающие устройства (ОЗУ) и процессор; они выполняют функции системы «ИКО + оператор», но без ограничения пропускной способности и размеров обслуживаемой зоны. Аналого-цифровой и цифроаналоговый преобразователи (АЦП, ЦАП) обеспечивают встраивание в аналоговые видеотракты.

Принцип действия УМО основан на позиционно-амплитудном анализе элементов (пикселей) обработки очередного и предыдущих циклов обзора, присвоении и изменении (отмене) классификационных признаков. Полная классифицированная РЛИ за несколько циклов обзора, в том числе трассовая РЛИ, хранится в основном ОЗУ и отображается на цветном ИАД, где на фоне синих отметок ДМО (АЭ и другие пассивные помехи либо их остатки) четко выделяются красные отметки движущихся объектов (целей). «Тающий» след цели за 7...15 циклов обзора (искусственное послесвечение) индицирует направление и скорость её движения и обеспечивает обнаружение и проводку в разрывах пассивных помех. Предусмотрено присвоение и цветовая индикация признаков и/или отметок каналов вторичной радиолокации. В штатных видеотрактах РЛС доступны лишь одна функция УМО: бланкирование сигналов ДМО текущего обзора.

В общем случае применения картинных методов извлечения и анализа РЛИ всю совокупность операций обработки делят на следующие этапы (рис. 2):

формирование исходной матрицы изображений информационного рельефа сигналов;

на основе сравнения с предыдущей информацией путем преобразования с помощью арифметически-логического устройства (АЛУ) осуществляется формирование картинных образов РЛИ;

формирование для каждого пикселя (элемента обработки) адаптивного пространственного фильтра обнаружения и распознавания РЛО;

осуществление операций обнаружения и распознавания РЛО с использованием многоканального пространственного фильтра.

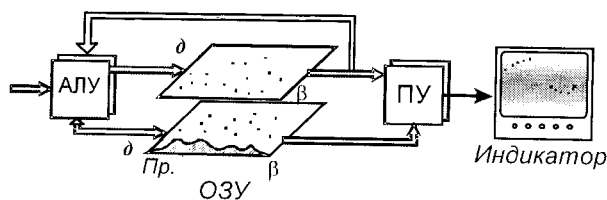


Рис. 2. Картинный метод извлечения и анализа РЛИ

При этом алгоритмы обработки предполагают: формирование карты интенсивностей радиолокационных отражений зоны обзора, подверженной воздействию помех, с отслеживанием происходящих в ней изменений на основе многообзорного поэлементного сопоставления интенсивностей отраженных сигналов и на этой основе формирование карты признаков РЛО; распознавание (селекцию) РЛО путем анализа признаков.

Подобные макеты с использованием КТО были испытаны в составе обзорных РЛС 22Ж6, 5Н87 и 64Ж6 S-диапазона волн на позициях мыса Фиолент и на полигоне Капустин Яр, где были проведены натурные испытания.

Качественно действие УМО в условиях ДМО иллюстрируют фотографии экранов ИКО и ИАД (см.

рис. 3, 4 и 5). Количественно эффективность УМО оценивалась при использовании штатных устройств обнаружения (индикации) обработки данных. В сложной помеховой обстановке правильно классифицировались в среднем около 90 % отметок АЭ ($K_{АЭ} \approx 0,95$) и более 90 % отметок летательных аппаратов, в том числе малоразмерных и малоскоростных ($K_{ЛА} \approx 0,9$). Такие показатели эффективности обеспечивали как визуальный съём РЛИ в зоне АЭ, так и работу устройства вторичной обработки РЛС 22Ж6, а в штатном режиме защиты от АЭ ($K_{АЭ} \approx 0,5...0,6$) было невозможно.

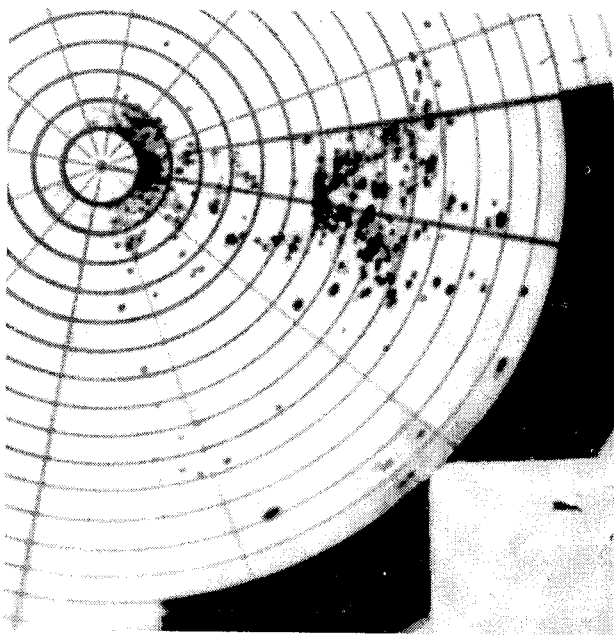


Рис. 3. Экран ИКО до обработки

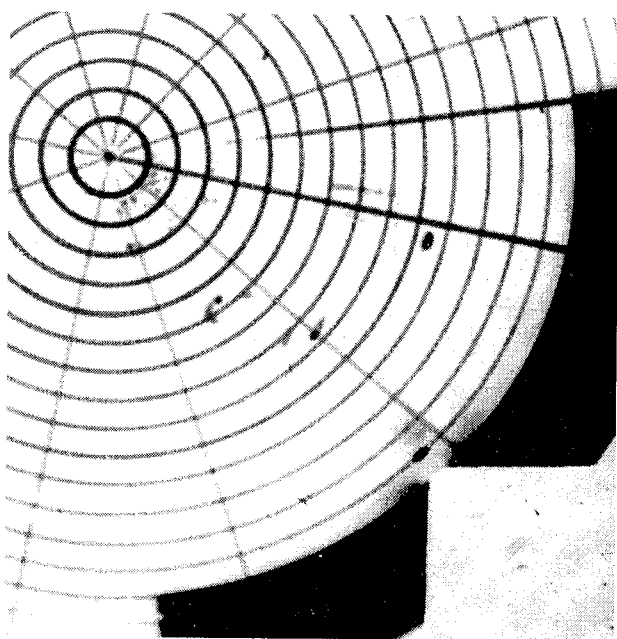


Рис. 4. Экран ИКО после обработки

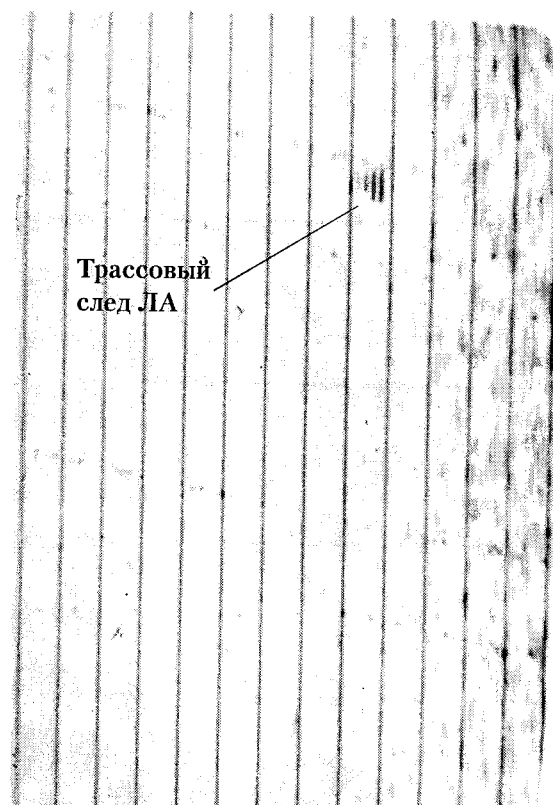


Рис. 5. Экран монитора с раскраской МО и трассовым следом ЛА

Реальная эффективность УМО, по данным собственного ИАД, была несколько выше ($K_{АЭ} \approx 0,9...0,95$), так как меньше влияли такие факторы, как воздействие импульсных помех, несовершенство накопителя-обнаружителя (22Ж6), малый динамический диапазон видеоканала (5Н87), жесткое амплитудное ограничение видеосигналов (64Ж6).

Трудности селекции множественных АЭ связаны, в основном, с их замираниями и позиционной нестабильностью, что при существующей вторичной обработке (межобзорной обработке) координатных точек порождает проблему завязки и отбраковки огромного количества ложных трасс. В УМО эту проблему удалось решить путем обработки отметок и сохранения признака с учетом интервала корреляции дружных флуктуаций АЭ. Была выявлена и использована корреляция уровня АЭ и длительность их замирания при формировании картинного образа отметок АЭ.

Освоенная технология позволила перейти к разработке модуля обработки видеотракта для обзорных РЛС. Был предусмотрен широкий набор функций обработки РЛИ: нормировка и некогерентное накопление эхо-сигналов; устранение импульсных помех и ложных эхо-сигналов, принятых по боковым лепесткам диаграммы направленности антенны; обнаружение отметок и первичные измерения координат; выявление ДМО; стабилизация уровня ложных тревог; объединение и цветовая индикация РЛИ первичного (эхо) и вторичных РЛ каналов. Макет такого модуля был испытан лабораторно.

5. Заключение

Разработка картинных методов извлечения и анализа радиолокационной информации в обзорных РЛС образовалась на обширной совокупности экспериментальных исследований по совершенствованию процедур автоматизации обнаружения отметок целей и выдачи о них информации. На основе результатов решения задач формирования и обработки картинных образов радиолокационной информации с единых позиций как задач классификации всей совокупности отметок на полезные и бесполезные были сделаны следующие выводы:

1. Устройства, реализующие картинную технологию обработки, позволяют в реальном масштабе времени обеспечить:

формирование, обновление, хранение и использование детальных массивов входных и преобразованных карт эхо-сигналов на всех этапах картинной (квазипараллельной) обработки информации;

выделение из картин и применение пространственно-временных и иных многомерных радиолокационных образов объектов локации для определения видов мешающих отражений и помех;

автоматизацию процессов обнаружения и съема данных об отметках летательных аппаратов.

При этом пороговые процедуры заменяются классификационными многомерных радиолокационных образов и массивов данных объектов локации. Сохранение массива классифицированных радиолокационных отметок в течение ряда обзоров дает возможность исправления ошибок и адаптации алгоритмов обработки к конкретной сигнально-помеховой обстановке.

2. Картинный принцип — технологическая основа для реализации алгоритмов последующей обработки. Современная элементная база снимает практически все ограничения по объёму памяти, скорости обмена данными и гибкому изменению алгоритмов обработки. Картинная технология может быть использована как в видеотракте, так и в адаптивных системах помехозащиты, то есть для когерентной обработки сигналов в радиотракте РЛС, включая доплеровскую фильтрацию сигналов и пространственную селекцию на фоне активных помех.

3. Устройства обработки сигналов могут быть выполнены в виде отдельных модулей, унифицированных по выполняемым операциям:

модуля картинной обработки видеотракта. В этом модуле к указанным выше функциям могут быть добавлены: трассовая (вторичная) обработка РЛИ, получение и использование некогерентных спектральных портретов объектов локации;

модуля адаптивной системы СДЦ картинной обработки для обзорных РЛС с малым числом импульсов в пачке эхо-сигналов;

модуля картинной обработки приёмного канала с комплексированием функций когерентной и некогерентной фильтрации сигналов и обработки РЛИ.

Такие разработки важны для РЛС кругового обзора воздушного пространства, в первую очередь, — для повышения эффективности первичных РЛ каналов в РЛС системы управления воздушным движением.

Литература: 1. Справочник по радиолокации / Под ред. М. Скольника; Пер. с англ. под ред. К. Трофимова. — Т. 1. — М.: Сов. радио, 1978. — С. 256–259. 2. *Литвинов В.В., Жирнов В.В.* Статистические характеристики помеховых отражений типа «ангел-эхо» в обзорных РЛС при наличии крупномасштабных неоднородностей в приземном слое атмосферы // Научно-техн. сб.: ВИРТА. 1988. Вып. 16. 3. *Литвинов В.В., Жирнов В.В., Филюшкин И. П.* Особенности обработки и обнаружения радиолокационных сигналов целей на фоне дискретных мешающих отражений типа «ангел-эхо» // Судостроительная промышленность. Сер. РЛ. 1991. Вып. 29. С. 83–88. 4. *Дохов А.И., Жирнов В.В., Сахновская Л.З.* Возможные причины и источники радиолокационных мешающих отражений типа «ангел-эхо» // Радиотехника: Всеук. межвед. научно-техн. сб. 1997. Вып. 104. С. 102–111. 5. *Дохов А.И., Жирнов В.В. и др.* Принципы защиты радиопеленгаторов в условиях воздействия мешающих отражений типа «ангел-эхо» // Радиотехника: Всеук. межвед. научно-техн. сб. 1997. Вып. 104. С. 112–119. 6. *Жирнов В.В., Литвинов В.В.* Проблема «ангел-эхо» и цифровые картинные технологии обработки радиолокационных сигналов и информации // Сб. докладов 4-й Межд. научно-техн. конф. «Радиолокация, навигация, связь». — Воронеж, 1998. Т. 2. С. 795–800. 7. *Дохов А.И., Жирнов В.В. и др.* Совершенствование процедур обработки сигналов и информации при радиолокационном обнаружении и сопровождении малозаметных объектов // Радиотехника: Всеук. межвед. научно-техн. сб. 1999. Вып. 110. С. 91–102. 8. *Жирнов В.В.* Принципы адаптивной весовой обработки спектра сигнала в обзорных РЛС с системой дискретного преобразования Фурье // Радиотехника: Всеук. межвед. научно-техн. сб. 2002. Вып. 124. С. 79–83.

Поступила в редколлегию 15.10.02 г.



Жирнов Владимир Витальевич, кандидат технических наук, ст. научный сотрудник, Харьковский национальный университет радиоэлектроники. Область научных интересов: радиоэлектроника, радио и оптическая локация, обработка сигналов и информации.



Дохов Александр Иванович, кандидат технических наук, ст. научный сотрудник, Харьковский национальный университет радиоэлектроники. Область научных интересов: радиометрия, радиолокация.



Бурковский Сергей Иванович, старший научный сотрудник ХВУ. Область научных интересов: обработка сигналов в радиотехнических системах.