

Разработка и исследование новых методов, алгоритмов и структурных схем систем картографирования параметров поверхностей и подповерхностных слоев почв активными и пассивными средствами дистанционного зондирования с высокой разрешающей способностью.

Фалькович С. Е.

Волосюк В. К.

Решение задач обнаружения низколетящих целей на фоне земной поверхности радиолокационными средствами аэрокосмического базирования, выделение малоконтрастных и малоразмерных целей как движущихся так и неподвижных, расположенных на самой поверхности или в ее подповерхностных слоях, решение задач навигации летательных аппаратов по картам местности, военной разведки, а также изучение природных ресурсов (в плане конверсии), экологический контроль и мониторинг поверхностей требуют знания их электрофизических и статистических свойств, которые можно получить при проведении соответствующих измерений сканирующими или многолучевыми активными, пассивными и комплексными активно-пассивными системами радиолокационного картографирования. Эти свойства характеризуются набором параметров (диэлектрических, геометрических, параметров статистических характеристик), которые при радиолокационном зондировании становятся параметрами отраженных сигналов, их корреляционных функций и энергетических спектров, и могут быть оценены статистическими методами пространственно-временной обработки регистрируемых полей.

Содержанием выполняемого комплекса НИР по кафедре № 502

является оптимизация решений обратных задач оценок параметров поверхности (наклонов, высот, среднеквадратических высот, радиусов корреляции, диэлектрических параметров) методами теории статистических решений и оптимального приема радиолокационных сигналов, разработка оптимальных алгоритмов измерений указанных параметров, алгоритмов селекции воздушных целей, целей, расположенных на поверхности и в подповерхностных слоях, а также соответствующих методов и структурных схем радиолокационных систем картографирования поверхностей и подповерхностных сред средствами авиакосмического базирования с высокой разрешающей способностью.

В структурном отношении работы подразделены на следующие направления:

1). разработка алгоритмов, методов и структурных схем систем оптимального оценивания (картографирования) параметров поверхностей активными средствами дистанционного зондирования;

2). разработка алгоритмов, методов и структурных схем систем оптимального оценивания параметров поверхностей средствами пассивного дистанционного зондирования;

3). комплексирование активно-пассивных систем картографирования поверхностей;

4). картографирование высоты рельефа поверхности когерентными многолучевыми трехкоординатными РСМ с синтезированной апертурой (РСА);

5). подповерхностное картографирование когерентными многолучевыми РСА;

6). селекция воздушных, наземных, а также подповерхностных объектов средствами РСА.

В рамках первых трех направлений задачи оценок параметров поверхностей требуют для своего решения наличия моделей

поверхностей и соответствующих моделей сигналов и полей. За основу в данной работе приняты как феноменологические, так и электродинамические модели. Однако в полученные результаты, в частности, в алгоритмы оптимальных оценок параметров, могут быть подставлены данные характеризующие любые другие модели, адекватно описывающие исследуемые поверхности. Электродинамические модели поверхностей, являющиеся результатом решения прямых задач дифракции электромагнитных волн на неровностях рельефа, дают возможность связать рассеянные поля и их статистические характеристики математическими соотношениями с электрофизическими, геометрическими, механическими и др. параметрами поверхностей, а также с различными параметрами статистических характеристик этих поверхностей.

Традиционные методы решения обратных задач оценок параметров поверхностей основаны на непосредственном использовании этих связей как интегральных или алгебраических линейных и нелинейных уравнений и решении этих уравнений известными методами. Особенностью решений является необходимость учета помеховых добавок к уравнениям, обусловленных прохождением помех в реальных приемных каналах регистрации отраженных сигналов, а также учета добавок, обусловленных статистическим характером неровностей самой поверхности. Однако, при этом, как правило, затруднен анализ динамики изменения помех, характера их нелинейных преобразований и соответственно преобразований их вероятностных распределений на выходах конечных устройств. Вследствие этого затруднен анализ и расчет ошибок измерений, а также оценка влияния на величину этих ошибок условий проведения эксперимента, в частности, выбора направлений зондирования поверхностей.

Разрабатываемые в предлагаемых НИР подходы основаны на

сквозной оптимизации измерений параметров поверхностей, начиная с описания сигналов и помех на выходе антенны, или на выходах элементов антенной решетки. При решении таких оптимизационных задач получаем алгоритмы, в которых в явной или неявной форме отражается весь путь прохождения сигналов и помех от антенны до устройств, выходными данными которых являются оцениваемые параметры. Во многих случаях этот путь соответствует общепринятым структурам приемных устройств, за исключением быть может лишь некоторых особенностей. Однако, при этом нет потерь статистического описания помех, что обеспечивает их точный учет и влияние на ошибки измерений в конечных устройствах. Кроме того, такие подходы позволяют оценить эти ошибки при различных условиях проведения эксперимента, в частности, оценить зависимость этих ошибок от углов лоцирования поверхности. Это позволяет осуществлять планирование эксперимента и выбор таких условий его проведения, которые могут обеспечить минимальные погрешности измерений.

Особенностью предполагаемых методов, алгоритмов и структурных схем систем картографирования высоты рельефа поверхности, в отличие от существующих многолучевых радаров с некогерентной обработкой, является возможность формирования когерентных кадров высот рельефа за счет использования когерентной пространственно-временной обработки импульсных и многочастотных сложных сигналов в трехкоординатных РЛС с синтезированной апертурой.

Решение задач подповерхностного картографирования основано на выделении рассеянного излучения, приходящего с подповерхностного слоя почвы, расположенного на заданной глубине, путем пространственно-временной фокусировки сложных многочастотных и импульсных сигналов с последующим синтезированием

апертуры.

В рамках последнего (шестого) направления разработан и исследован ряд методов, соответствующих алгоритмов и схем обнаружения воздушных и наземных целей на основе использования различительных признаков по пространственному положению целей, их скорости движения (различий в доплеровских частотах) временных и поляризационных признаков.

Доплеровские методы селекции предполагают наличие многоканальных селекторов, перенаправляющих <sup>КРЫВ</sup>возможный диапазон скоростей движения целей и схем компенсации отражений от земной поверхности, настроенных на соответствующие диапазоны доплеровских частот, участвующих в операции синтеза апертуры.

Методы пространственной обработки основаны на использовании программных и автоматических компенсаторов помех с использованием антенных решеток. На стадии исследований находятся комплексные методы, основанные на совместном использовании различных, отличительных признаков селектируемых объектов и отражений от земной поверхности при картографировании.

На ряду с этими исследованиями выполнен комплекс НИР (рук. Костенко П. Ю.) по разработке и обоснованию методов и алгоритмов повышения качественных показателей систем картографирования за счет восстановления и использования информации по неполным данным, получаемым традиционными методами воспроизведения радиолокационных изображений. Использован нетрадиционный подход восстановления фазовой структуры ПВ- сигналов при отсутствии фазовой информации или значительных ее искажениях в каналах распространения сигналов. Основой метода являются некоторые результаты теории целых функций, полученные при решении фазовой проблемы. Также выполнен ряд работ по исследованию возможностей повышения разрешающей возможности

систем дистанционного картографирования с учетом распространения СВ- сигналов через неоднородную атмосферу, а также по исследованию возможностей использования новых моделей радиолокационных и радиотехнических изображений поверхности Земли, основанных на идеях фрактальной геометрии и нулевых многообразий.