

# ПРИНЦИПЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И АНАЛИЗА РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ БОРТОВОЙ РЛС

Голутвин Р. И.

Кафедра вычислительной техники, Пензенский государственный университет

Пенза, Российская Федерация

E-mail: g-gom-i@yandex.ru

*В докладе обсуждаются принципы визуализации и анализа радиолокационных сигналов, реализованные в программном комплексе для анализа сигналов в импульсно-доплеровской РЛС авиационной системы дальнего радиолокационного обнаружения. Программный комплекс применяется на этапе летных испытаний для анализа информации, зарегистрированной контрольно-записывающей аппаратурой бортовой РЛС в целях оценки эффективности обнаружения целей в условиях помех различного вида и повышение качества работы РЛС.*

## ВВЕДЕНИЕ

Радиолокационный комплекс авиационной системы дальнего радиолокационного обнаружения представляет собой сложнейшую радиотехническую систему, при проведении летных испытаний которого применяются технологические аппаратно-программные средства, обеспечивающие регистрацию радиолокационных сигналов бортовых РЛС и последующий анализ зарегистрированной информации на ЭВМ в целях оценки эффективности обнаружения целей в условиях помех различного вида. В настоящем докладе обсуждаются принципы, реализованные в программном комплексе для анализа сигналов в каналах импульсно-доплеровской РЛС, которая обеспечивает обнаружение высокоскоростных целей.

Программный комплекс применяется на этапе летных испытаний для анализа информации, зарегистрированной контрольнозаписывающей аппаратурой бортовой РЛС в целях оценки эффективности обнаружения целей в условиях помех различного вида и повышения качества работы РЛС. Программа позволяет отобразить данные, зарегистрированные в различных контрольных точках каналов приема-обработки РЛС, а так же обработать их программной моделью с различными алгоритмами обнаружения целей. Исходные данные для обработки представляют собой четырехмерную структуру. О способах обработки и визуализации таких данных и пойдет речь в данной статье.

## РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ

Радиолокационные данные, зарегистрированные во время проведения летных испытаний, представляют собой совокупность двумерных матриц, называемых кадрами. Каждый элемент такой матрицы представляет значение уровня сигнала на определенной частоте сигнала, и определенной дальности.

Получение кадра производится при определенном угле поворота антенны, поэтому к каж-

дому кадру привязывается свое значение азимута. Совокупность кадров, зарегистрированных во время одного оборота радиолокационной антенны, называется кадром записи. Таким образом, один кадр записи представляет собой информацию, представленную в четырех измерениях:

- Азимут – угол поворота антенны.
- Дальность – расстояние до анализируемой точки пространства.
- Частота – частота зарегистрированного сигнала для заданной дальности. Ненулевая частота свидетельствует о доплеровском смещении, по которому можно судить о скорости движения объекта.
- Уровень сигнала – амплитуда зарегистрированного сигнала для заданной частоты на определенной дальности.

Такое представление радиолокационной информации позволяет анализировать окружающее пространство и обнаруживать быстро движущиеся объекты. Для проведения эффективного анализа зарегистрированной радиолокационной информации, целесообразно ее представлять на экране монитора в графических формах. С учетом того, что информация представляет собой трехмерные кадры (частота – дальность – уровень сигнала), которые в совокупности образуют один кадр записи (азимут – частота – дальность – уровень сигнала), необходимо визуализировать четырехмерные и трехмерные картинки на экране.

## ОТОБРАЖЕНИЕ И АНАЛИЗ

При отображении кадра в качестве двумерного графика (частота-дальность) элементы матрицы кадра представляются в виде точек, цвет которых соответствует значению зарегистрированного отсчета частотного канала в шестнадцатичетной палитре. Такой способ визуализации позволяет примерно определить расстояние до объекта в воздушном пространстве по значению дальности. Ненулевая частота для

наибольших значений уровня сигнала свидетельствует о доплеровском смещении, по которому можно судить о скорости движения объекта.

При панорамном отображении радиолокационных данных элементы матрицы «частота-дальность», полученной в каждом кадре, представляются на экране также в виде отметок соответствующего цвета. Отметки различных дальностей, принадлежащих одному частотному каналу (столбцу матрицы) размещаются на экране на одной вертикальной линии с последовательным чередованием частотных каналов. Совокупности отображений отдельных кадров объединяются затем в одной экранной форме по координате абсцисс «азимуту» (номер кадра обработки). Таким образом, панорамное отображение фактически является плоским изображением спектра сигналов целей в координатах «частота-дальность азимут».

Формирование полного панорамного отображения на экране всех кадров зарегистрированного азимутального сектора вызывает трудности из-за его большой размерности. Так при размерности матрицы БПФ 128\*100 для отображения 100 кадров (азимутальный сектор около 13 процентов) надо хранить и выводить на экран 1280000 отсчетов. Поэтому в разработанной системе присутствует возможность панорамного отображения в двух формах – укрупненной и крупномасштабной. При укрупненной форме предварительно выполняется объединение в одну группу нескольких смежных частотных каналов (4-8-16-32 канала в зависимости от размерности БПФ) и 5-10 смежных элементов дальности. Каждая из групп будет представлена на экране одним отсчетом, цвет которого определяется значением наибольшего зарегистрированного отсчета в этой группе. Хотя при таком способе визуализации происходит некоторая потеря информативности из-за группирования отсчетов, он позволяет оператору выявить наиболее интересные азимутальные и частотно-дальностные диапазоны, которые он может затем просмотреть в крупномасштабном виде. В последнем случае отображение происходит без потери информации, но визуализируется не больше 5 частотных групп на всех элементах дальности.

Во время считывания эхо-сигнала помимо сигнала, отраженного от объекта, антенна регистрирует различные электромагнитные шумы, которые не интересны для анализа. Чтобы избавиться от этих шумов, необходимо создавать программные фильтры, которые отображают на экране только интересные для анализа значения, а остальные отбрасывают. Для этого в программе предусмотрена пороговая обработка исходной радиолокационной информации. Пороговая обработка заключается в сравнении модулей сигналов с порогом  $P$ . Также, для избавления от шумов в программе присутствует возможность фильтрации изображения по маскам дальности и частоты: те частоты и дальности, значения которых меньше заданных масок, на экране обесцвечиваются. В некоторых случаях при анализе удобно просматривать значения уровня сигнала в децибелах. Такое представление значений уровня сигналов более информативно, чем обычное, и получается оно благодаря логарифмическому преобразованию. Поэтому в разработанной системе присутствует возможность просмотра графиков в двух видах – логарифмическом и обычном.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Все алгоритмы по обработке радиолокационных данных являются ресурсоемкими задачами из-за большого объема входных данных. Последовательная обработка больших массивов радиолокационных данных сильно сказывается на времени работы программы. Для ускорения работы описанного программного комплекса целесообразно ввести распараллеливание его алгоритмов и выполнение их на параллельных архитектурах, таких как графические процессоры GPU.

1. Верба В.С. Тенденции развития авиационных средств разведки и дозора. / Научно-технические ведомости СПбГПУ, №8-9, 2004.
2. Чернышев М.И., Кадников Л.Н., Коннов Н.Н. Аппаратно-программный комплекс регистрации и имитации радиолокационных сигналов / Сборник докладов XII международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация и связь» (RLNC-2006), T2.-Воронеж, 2006.