

Способ формирования равномасштабного радиолокационного изображения в БРЛС

Антошкин А. Р.

*Антошкин Алексей Романович / Antoshkin Aleksey Romanovich – магистрант,
кафедра вычислительной и прикладной математики, факультет вычислительной техники,
Рязанский государственный радиотехнический университет, г. Рязань*

Аннотация: в данной статье рассматриваются теоретические и практические вопросы и проблемы разработки программного обеспечения бортовой радиолокационной станции (БРЛС) для моделирования вычисления индекса азимутального элемента массива радиолокационных изображений (РЛИ), соответствующего текущему положению антенны. Рассмотрена структурная схема прохождения данных для формирования РЛИ, проанализированы методы формирования РЛИ и сложности их обработки. На основе проведенного исследования автором предлагается способ формирования равномасштабного РЛИ с использованием различных математических формул.

Ключевые слова: радиолокационное изображение, бортовая радиолокационная станция, азимутальные направления.

Развитие авиации повышает требования к адекватности, своевременности и точности информации об окружающем летательный аппарат (ЛА) пространстве. Современные летательные аппараты в частности вертолеты, решающие разнообразные задачи, доказали свою высокую эффективность. Дальнейшее развитие вертолетной техники в значительной мере связано с ее оснащением совершенной радиолокационной аппаратурой. Бортовая радиолокационная станция (БРЛС) предоставляет необходимую информацию, выполняя обнаружение, опознавание и определение местоположения в пространстве различных объектов с помощью отраженных от этих объектов радиоволн. Формируется радиолокационное изображение (РЛИ) – «карты местности» в координатах азимут - дальность, где яркими точками отображается более радиоконтрастные цели (строения, металлические конструкции, транспортные средства, леса, скопления людей и т.п.), а темными точками менее радиоконтрастные (дороги, взлетно-посадочные полосы, водоемы, т.п.), пример показан на рис. 1.

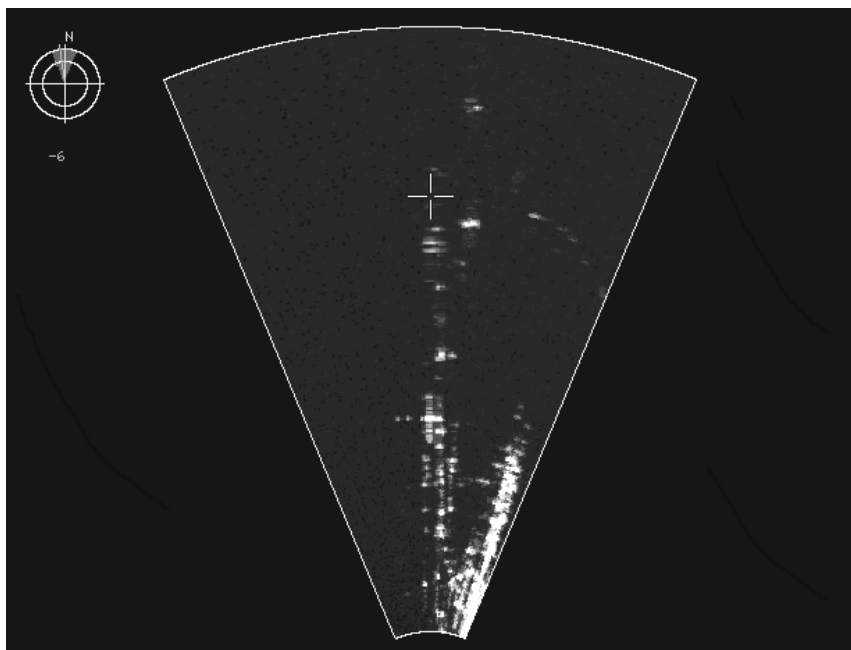


Рис. 1. Радиолокационное изображение

Однако в программно-алгоритмическом обеспечении вертолетной бортовой радиолокационной станции (БРЛС) возникает проблема более точного формирования равномасштабных радиолокационных изображений поверхности земли. РЛИ выводятся летчику на индикатор в виде последовательности кадров. Для удобства отождествления с подстилающей поверхностью изображения представляются в секторном виде [1].

Существующая неточность формирования приводит к отсутствию стабильности смежных кадров РЛИ по азимуту. Одни и те же объекты по азимуту от кадра к кадру немного сужаются или расширяются, как следствие теряется равномасштабность. Особенно данный эффект проявляется на

больших угловых скоростях механического сканирования антенны с помощью двухосного подвеса. Это происходит из-за не достаточно точного приема входных данных и синхронизации их между собой. Поэтому проблема формирования и анализа (РЛИ) земной поверхности остается одной из актуальных задач.

Для решения проблемы каждому массиву амплитуд $A_{n,i}$ отраженного сигнала пришедшего с АЦП приемного канала требуется поставить в соответствие угловое положение двухосного подвеса антенны. Это является основной трудностью для точного (равномасштабного) построения одного кадра двумерного РЛ изображения в формате азимут – дальность, привязанного к моменту времени t_0 - началу кадра. Частота повторения зондирующего сигнала намного больше частоты считывания навигационных параметров и параметров сканирования антенны.

Для формирования РЛИ выполняется сканирование заданной зоны обзора. РЛС на основе собственного углового положения антенны относительно вертолета и навигационных параметров должна учитывать движение ЛА в течение кадра. Для этого, путем специальных преобразований в блок управления задаются требуемые положения антенны. К навигационным данным относятся: курс φ , крен ϑ , тангаж γ , высота H , проекции скоростей V_N, V_H, V_E в полярной нормальной системе координат. Под собственным положением двухосного подвеса антенны понимаются отработанные значения по азимуту $\alpha_{отр}$, углу места $\varepsilon_{отр}$. Под заданными углами соответственно понимаются: $\alpha_{зад}, \varepsilon_{зад}$. Структурная схема прохождения данных для формирования РЛИ изображена на рис. 2 [2].

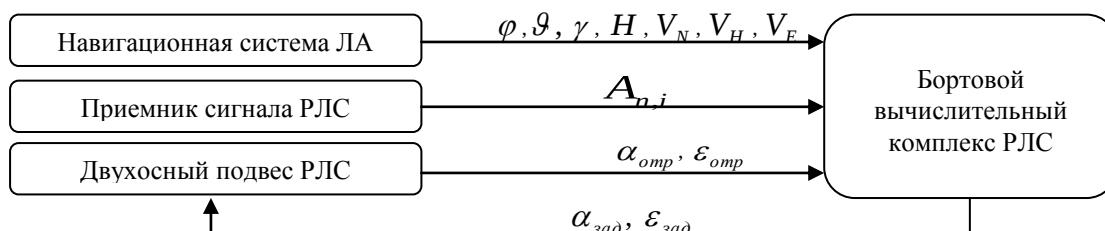


Рис. 2. Структурная схема прохождения данных

Классический подход к накоплению сигнала в режиме реального луча состоит в следующем. В заданном секторе обзора выделяют определенное количество азимутальных направлений, которые характеризуют размер РЛИ по азимуту. Азимутальное направление $\hat{A}_i$ представляет собой результат накопления сигнала в каждом строке дальности $i = \overline{1, N_{строб}}$ обычно за один общий такт работы станции длительностью порядка нескольких миллисекунд и вычисляется по формуле:

$$\hat{A}_i = \frac{\sum_{n=1}^{N_{нак}} A_{n,i}}{N_{нак}}, \quad n = \overline{1, N_{нак}},$$

где $N_{нак}$ - количество накоплений, $N_{строб}$ - количество стробов по дальности в зоне приема.

Количество накоплений за такт определяется соотношением:

$$N_{нак} = [F_{П} / F_{ТИ}]_{ц.ч.}, \quad F_{П} \gg F_{ТИ},$$

где $F_{П}$ - частота повторения зондирующего сигнала, $F_{ТИ}$ - частота общего тактового импульса работы станции [4].

Таким образом, группе последовательно поступающих массивов $A_{n,i}$ ставится в соответствие одно текущее угловое положение антенны.

Также, в самой простой реализации построения РЛИ, азимутальные направления «укладываются» последовательно друг за другом в массив РЛИ $S_{i,j}$, полагаясь на идеальное сканирование антенны зоны обзора. Это характерно для старых не быстродействующих бортовых вычислительных комплексов (БВК) или для медленно сканирующих механических антенных систем.

Предлагается, для формирования массива $\hat{A}_i$ не брать последовательно друг за другом $N_{нак}$ массивов $A_{n,i}$, а только те, которые относятся непосредственно к данному азимутальному направлению.

Местоположение азимутального направления $j = \overline{1, N_{аз}}$ в массиве РЛИ $S_{i,j}$ вычисляется исходя из отработанного углового значения антенны по формуле:

$$j = N_{аз} \cdot \frac{\alpha_{отр} - (\varphi_{БСО} - \frac{\varphi_{СО}}{2})}{\varphi_{СО}},$$

где $N_{аз}$ - количество азимутальных направлений, в массиве РЛИ,

$\varphi_{БСО}$ - угол биссектрисы сектора обзора,

$\varphi_{СО}$ - размер сектора обзора.

Все углы в данной формуле приводятся к общему виду, так что текущее положение антенны по азимуту в секторе обзора было всегда больше левой границы сектора обзора: $\alpha_{отр} > (\varphi_{БСО} - \frac{\varphi_{СО}}{2})$.

Приведение сводится к прибавлению или вычитанию круговой составляющей $\pm 360^\circ$ к тому или иному угловому значению.

Для решения задачи была написана программа, моделирующая различные положения сектора обзора (диапазон изменения углов $\pm 180^\circ$), интерфейс представлен на рис. 3.

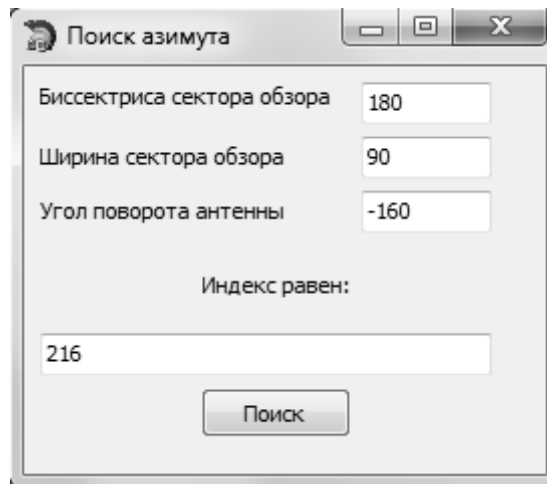


Рис. 3. Интерфейс программы

Литература

1. Кузьмин С. 3. Цифровая обработка радиолокационной информации. М.: Книга по Требованию, 2012. 398 с.
2. Швачкин А. М. Особенности построения БРЛС для многофункциональных боевых вертолетов. ФАЗОТРОН-НИИ, 2011, №4.
3. Обработка изображений в геоинформационных системах: учеб. пособие / В. К. Злобин, В. В. Еремеев, А. Е. Кузнецов. Рязан. гос. радиотехн. ун-т. Рязань, 2006. 264 с.
4. Ключко В. К., Ермаков А. А. Алгоритмы фильтрации и сегментации трехмерных радиолокационных изображений поверхности. Автометрия, 2002. № 5.