

УДК 621.396.969

**Метод определения аэродромной сети с помощью ЗГ РЛС
пространственной волны КВ диапазона
(предварительные результаты)**

П.В. Крауз, В.С. Панкратьев, К.Б. Шарданов

ОАО НПК НИИДАР, 127083, Москва, ул. 8 Марта, д.10, стр. 5

Введение

Скачковое распространение декаметровых радиоволн основывается на предположительно известных параметрах ионосферы в точке формирования отраженного сигнала. В связи с этим неточности в прогнозе этих параметров приводят к ошибкам определения географических координат объекта.

Так как ионосферные параметры изменяются относительно медленно, то и возникающие ошибки имеют медленно изменяющийся характер. В связи с этим актуальное значение имеет поиск методов вычисления этих ошибок в реальном времени.

Цель работ

Целью проводимого рассмотрения является получение погрешности вычисления радиолокационных координат сопровождаемых воздушных объектов. И как следствие оценка возможности минимизации ошибок.

Для решения выше поставленной задачи была разработана программа, состоящая из двух программных модулей:

- Модуль «Определение взлета и посадки»;
- Модуль «Вычисление систематической ошибки».

Модуль «Определение взлета и посадки»

Модуль «Определения взлета и посадки» состоит из двух блоков:

- блок предварительной фильтрации траекторий;
- блок фильтрации отметок внутри траекторий.

В блоке предварительной фильтрации отсеиваются траектории, у которых отсутствовали участки взлета и посадки, т.е. по каким либо причинам воздушный объект сопровождался на крейсерском участке пути. Это достигалось путем вычисления разницы между максимальной и средней скоростью сопровождаемого воздушного объекта ($\Delta v = V_{max} - \bar{V}$). Для дальнейшей обработки выбирались только те траектории, для которых выполнялось условие $\Delta v \geq 50$ км/ч.

В блоке фильтрации отметок внутри траекторий выделяются участки траекторий характерные для взлета либо посадки. Считается, что участки взлета и посадки характеризуются меньшей скоростью относительно крейсерской. В связи с этим для дальнейшего анализа отбираются участки траектории, на которых полная скорость движения была меньше 650 км/ч. Для создания необходимой плотности отметок в местах расположения аэродромов параллельно с предыдущей фильтрацией осуществляется селекция отметок траекторий, полная скорость которых меньше 350 км/ч.

На «рис. 1» и «рис. 2» в качестве примера представлены траектории до фильтрации и после соответственно.

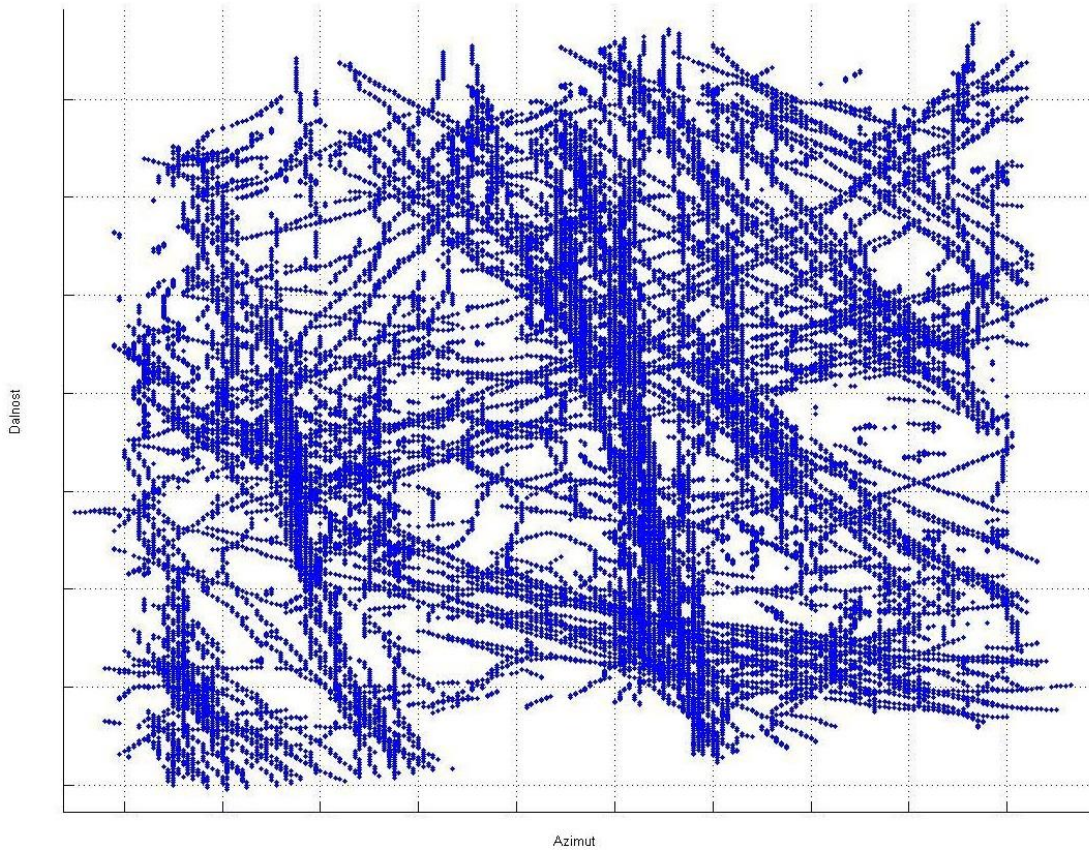


Рисунок 1 - Поле отметок траекторий до фильтрации

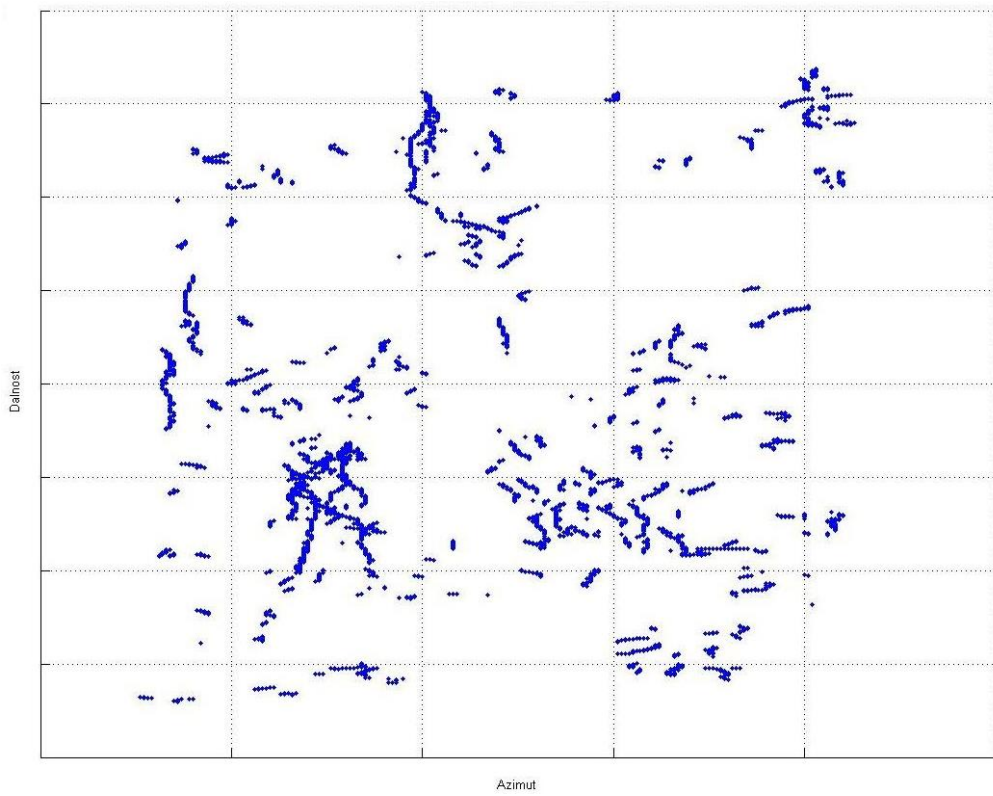


Рисунок 2 - Поле отметок траекторий после фильтрации

Оставшиеся после фильтраций точки подвергаются анализу в модуле «Вычисление систематической ошибки».

Модуль «Вычисление систематической ошибки»

Зона ответственности изделия в координатах дальность-азимут записывается в виде матрицы с дискретом по дальности в 1 км и по азимуту в 0.1 градусов, то есть разбивается на 1000 элементов по азимуту и 2000 по дальности, образуя матрицу размерностью 1000x2000. В каждой ячейки записано число отметок из анализируемых траекторий, попавших в данный интервал. Далее формируется область 80 км на 3 градуса, которая соответствует 30 строкам и 80 столбцам матрицы. Ищется сумма всех элементов матрицы внутри области (K), затем область сдвигается на один элемент и т.д. согласно формуле.

$$K = \sum_{i=M}^{M+30} \sum_{j=N}^{N+80} x_{ij} \quad (1)$$

Где x_{ij} – значение в ij элементе матриц

$$M=0 \div 970;$$

$$N=0 \div 1920.$$

Таким образом, получаем трехмерную матрицу с максимумами в местах с наибольшим скоплением отметок.

Значения максимумов соответствуют предположительному нахождению аэродромов в зоне ответственности.

Далее каждые найденные по максимумам координаты сравнивается с координатами каждого аэродрома из базы. Полученные невязки сравниваются с пороговыми значениями $\Delta \leq \Delta_{\text{пор}}$, считается что экспериментальные и эталонные координаты соответствуют друг другу если выполняется условие. $\Delta_{\text{пор}}$ принимается равным 2 градуса по азимуту и 100 км по дальности.

В качестве примера на «рис. 3» показан результат работы алгоритма.

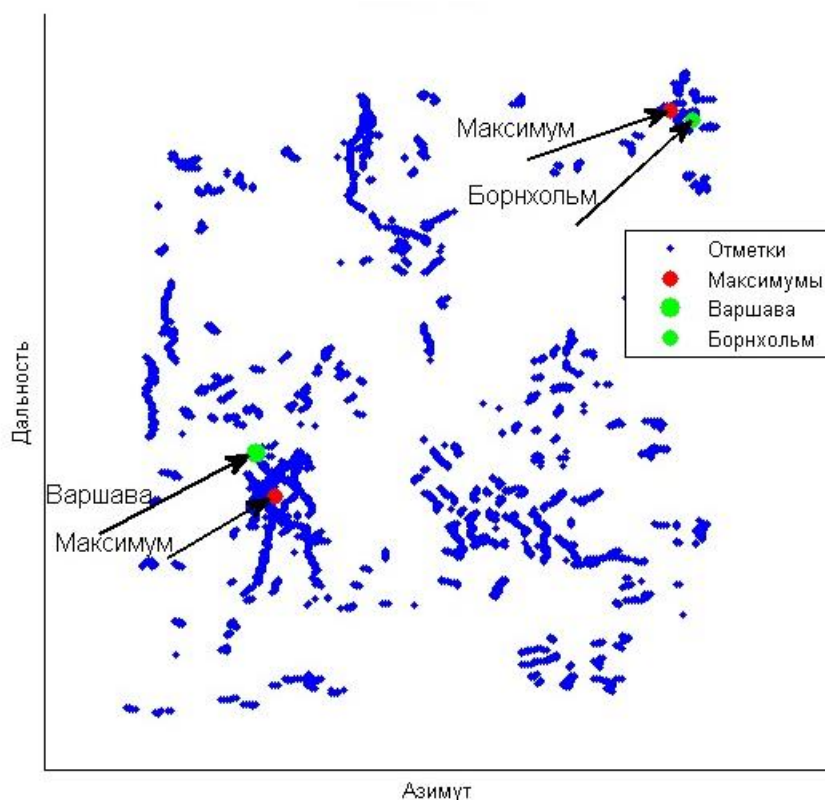


Рисунок 3 - Результат работы алгоритма

Данная обработка применяется для выполнения задачи долговременного мониторинга и выявления скрытых аэродромов противника. Этот режим работы алгоритма предполагает обработку записей с большим объемом накопленной информации, что гарантирует высокую достоверность полученных результатов.

Стоит отметить, что алгоритм также может применяться для калибровки станции и определения и устранения систематических ошибок. Модуль «Определение взлета и посадки» остается неизменным, а модуль «Вычисление систематической ошибки» претерпевает некоторые изменения. Ниже приведен принцип работы.

Модуль «Определение взлета и посадки» для режима реального времени

Для зоны ответственности из базы данных берутся координаты аэродромов. Вокруг аэродромов берутся зоны 300x300 км. Зоны вокруг аэродромов в координатах дальность-азимут записываются в виде матрицы с дискретом по дальности в 1 км и по азимуту в 0.1 градусов, то есть разбивается на 27 элементов по азимуту и 300 по дальности, образуя матрицу размерностью 27x300. Таким образом, формируется область аналогичная предыдущей, но меньшая по размерам, около известного аэродрома. Далее формируется область 80 км на 0,3 градуса, которая соответствует 3 строкам и 80 столбцам матрицы полученной матрицы. Методом, описанным выше, ищутся максимумы.

Таким образом, получаем трехмерную матрицу с максимумами в местах с наибольшим скоплением отметок.

Далее каждые найденные по максимумам координаты внутри каждой отдельной зоны вокруг аэродромов сравниваются с координатами аэродрома из базы. Полученные невязки сравниваются с пороговыми значениями $\Delta \leq \Delta_{\text{пор}}$, считается что экспериментальные и эталонные координаты соответствуют друг другу если выполняется условие. $\Delta_{\text{пор}}$ принимается равным 1 градуса по азимуту и 70 км по дальности. Все невязки прошедшие пороговое значение сравниваются с координатами аэродрома, и за координаты аэродрома принимаются полученные координаты соответствующие минимальной невязке.

На «рис. 4» показано отклонение координат аэродрома по дальности, от его истинных координат в режиме реального времени.

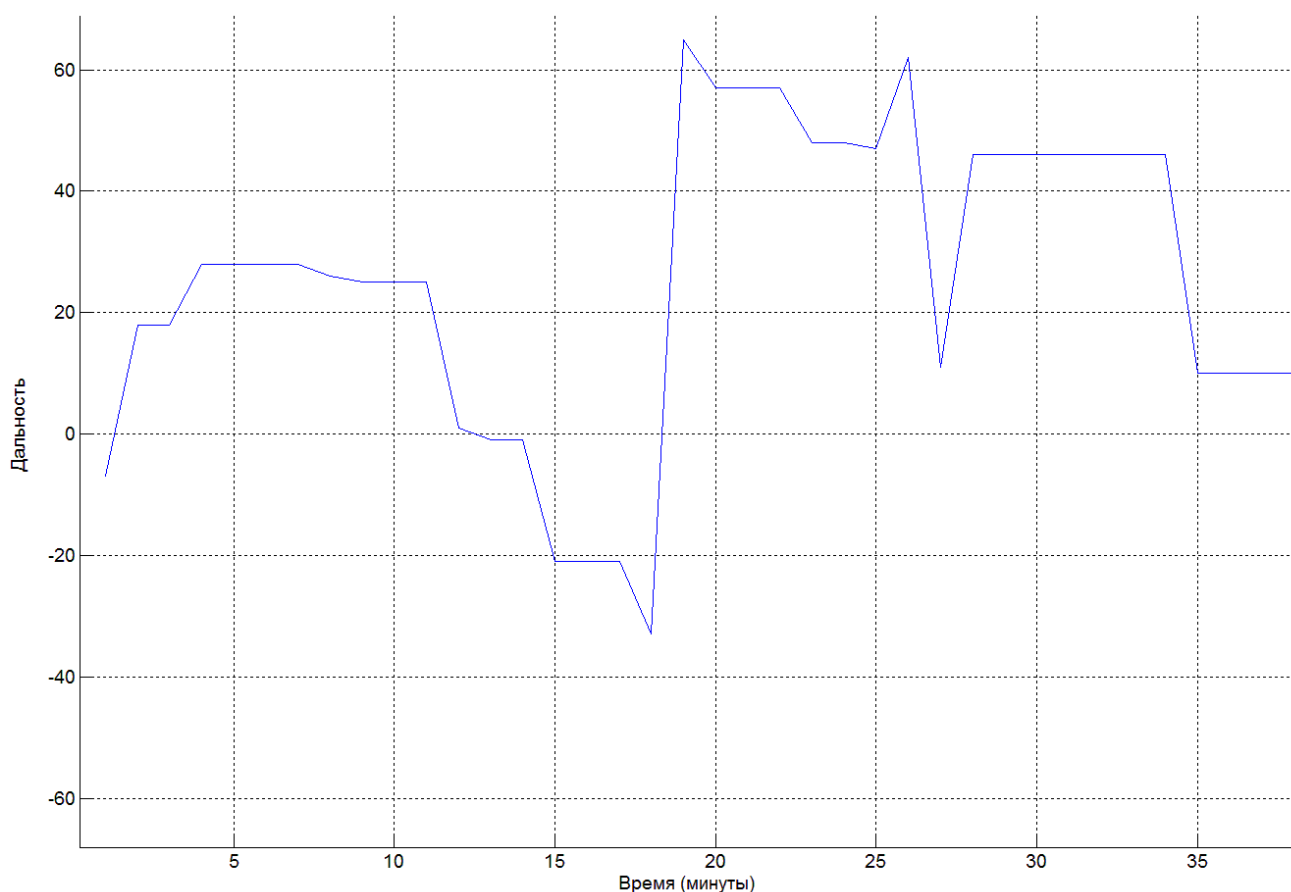


Рисунок 4 - Отклонение координат аэродрома по дальности, от его истинных координат в режиме реального времени

На «рис. 5» показано отклонение координат аэродрома по азимуту, от его истинных координат в режиме реального времени.

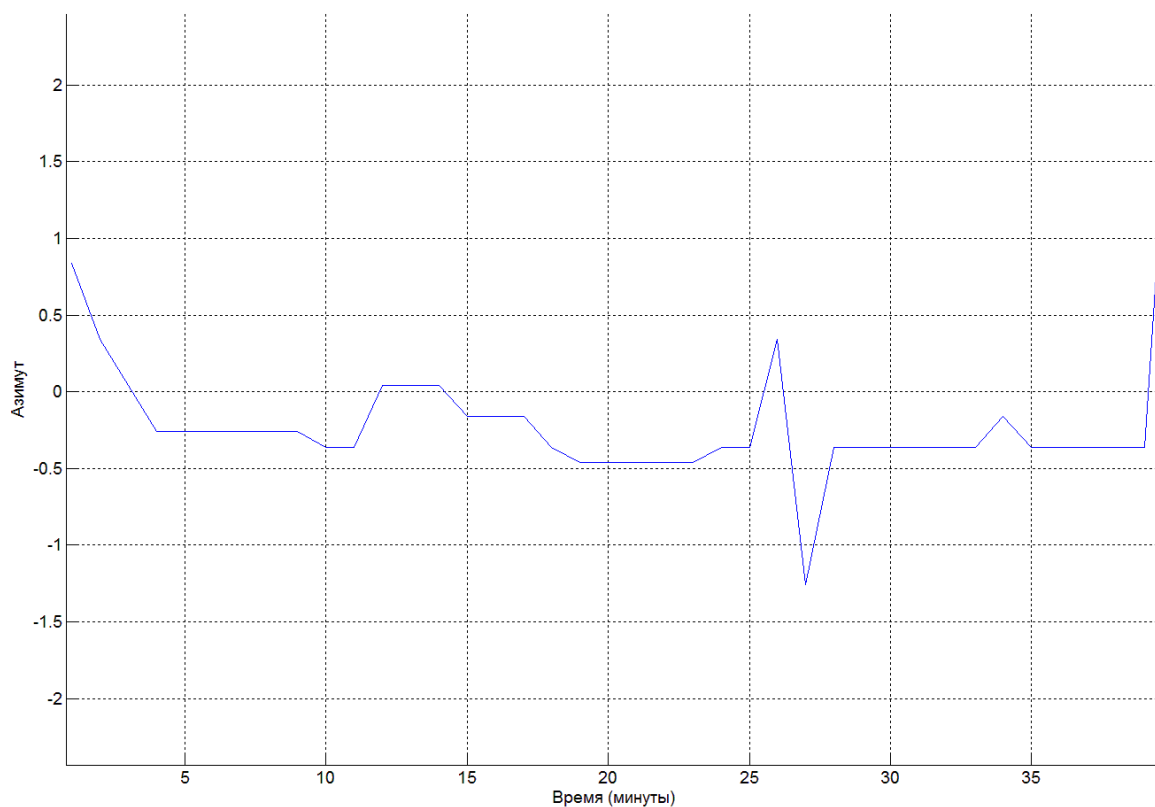


Рисунок 5 - Отклонение координат аэродрома по азимуту, от его истинных координат в режиме реального времени

Выводы

Как видно из рисунков среднее отклонение координат обнаруженного аэропорта от его истинных координат по дальности составляет 20 км, по азимуту – 0.3. Предложенный метод позволяет оценивать погрешность РЛС при определении радиолокационных координат воздушных объектов в режиме реального времени.

Литература

1. Основы загоризонтной радиолокации. Под редакцией проф. А.А. Колосова // М: Радио и связь, 1984.-256с.
2. Справочник по радиолокации в 2 книгах. Книга2. Под редакцией Меррилла И. Сколника.// Техносфера, Москва, 2014г.