

Пальчиков Д.В.

*Научный руководитель: к.т.н., доцент, А.И. Рымов
Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54 «А».
E-mail: dd45512@yandex.ru*

Особенности вычисления и оценки координат цели в многопозиционной радиолокационной системе воздушного базирования

Многопозиционной радиолокационной системой (МПРЛС) называется радиолокационная система, состоящая из нескольких разнесенных в пространстве передающих, приемных или приемопередающих позиций, в которой осуществляется совместная обработка радиолокационной информации, получаемой этими позициями. При облучении цели какой-либо передающей позицией уже не одна, а несколько приемных позиций измеряют угловые координаты, дальности или суммарные дальности и доплеровские сдвиги частоты, пропорциональные производным дальности или суммарной дальности. Кроме того, появляется возможность измерения разностей расстояний от цели до различных приемных или передающих позиций. Все это создает, как правило, значительную избыточность числа единичных измерений “первичных координат”, которую используют для уточнения положения целей и вектора скорости целей, а также для межпозиционного отождествления результатов измерений. Однако эти преимущества достигаются ценой увеличения сложности и стоимости системы. Возникает необходимость организации линий передачи информации, синхронизации работы позиций, их фазирования и навигационной привязки. Кроме того, возрастает объем информации и сложность ее обработки [1].

В параметрах отраженных от целей электромагнитных колебаний «закодированы» координаты и данные о движении целей. В зависимости от решаемых радиолокационной системой задач могут рассматриваться различные допущения о характере изменения координат и параметров движения целей. В ряде случаев, например при обзоре пространства, можно считать, что за время облучения целей координаты и параметры движения не изменяются во времени, они постоянны. В другом случае, при непрерывном сопровождении цели координаты целей непрерывно изменяются, но и в этом случае за время приема сигналов в течение длительности импульса или длительности пачки импульсов можно также считать координаты и параметры движения постоянными. Во всех указанных выше случаях измерение координат сводится к задаче оценки постоянных параметров сигналов, постоянных значений координат и параметров движения целей. Когда допущение о постоянстве координат использовать нельзя, рассматривается оценивание изменяющихся во времени параметров сигналов, то есть осуществляется фильтрация параметров. В радиолокации широко используется двухэтапный метод оценивания координат и параметров целей. На первом этапе выполняется обработка высокочастотных радиолокационных сигналов и оценивании «мгновенных» отсчетных значений координат и параметров движения в течение времени, когда выполняется допущение о их постоянстве. На втором этапе осуществляется обработка «радиолокационных данных», то есть выполняется оценивание переменных во времени отсчетных значений координат, выполняется фильтрование процессов изменения координат. Этот второй этап осуществляется уже в области цифровых значений отсчетных величин и, как правило, соответствует видеочастотной или низкочастотной области спектра. Обычно фильтрация в этом случае относится к линейному типу фильтрации.

При решении задач линейной фильтрации измерение Z_k на каждом этапе обработки сигнала можно всегда представить в виде

$$Z_k = H_k X_k + V_k, \quad (1)$$

где X_k – значение измеряемого параметра $\alpha(t)$ на k -м этапе обработки сигналов, характеризующее координаты цели и ее параметры движения; H_k – матрица связи, определяющие

связь измеряемой величины Z_k и параметра, или координаты X_k ; V_k – величина отображающая погрешность в измерениях которая зависит от наличия различных помеховых сигналов. Основной задачей измерений параметра $\alpha(t)$ является оценка изменений отсчетных значений X_k от одного этапа к другому. Это может осуществляться путем слежения за параметром X_k или путем фильтрации этого параметра. Во всех случаях должны быть известны некоторые особенности «поведения» параметра X_k или эти особенности выявляются при наблюдении отсчетных значений измерений Z_k [1].

Спецификой работы МПРЛС является одновременность прихода измерений, используемых в пункте обработки в процедурах их комплексирования. Эта особенность предопределяет невозможность использования для комплексирования классических алгоритмов фильтрации, реализующих оптимальную обработку только при одновременном приходе измерений.

Для МПРЛС воздушного базирования сложность совместного оценивания усугубляется тем, что эти временные сдвиги между приходом измерений могут изменяться произвольным образом в зависимости от геометрии взаимного расположения цели и позиций [2].

Для устранения этого недостатка используют алгоритм линейного оценивания с текущей коррекцией прогноза по неодновременно приходящим измерениям, который позволяет сформировать оптимальные оценки при любом сочетании времени прихода измерений от различных датчиков.

$$\begin{aligned}
 \hat{x}(k) &= x_s(k) + K_\phi(k) \Delta z(k); \\
 x_s(k) &= \Phi(k, k-1) \hat{x}(k); \\
 \Delta z(k) &= z(k) - Q_z(k) H(k) x_s(k); \\
 K_\phi(k) &= D(k) H^T(k) D_H^{-1}(k); \\
 D(k) &= \begin{cases} [E - K_\phi(k) H(k)] D_s(k) & \text{при } k = nT / \tau, \\ D_s(k) & \text{при } k \neq nT / \tau; \end{cases} \\
 D_s(k) &= \Phi(k, k-1) D(k-1) \Phi^T(k, k-1) + D_x(k-1);
 \end{aligned} \tag{2}$$

где Q_z – диагональная матрица признаков прихода измерений от разных позиций, диагональные элементы которой равны единице при наличии соответствующих измерений и нулю при их отсутствии; T – период повторения измерений позиций; τ – интервал дискретизации прогноза ($\tau \ll T_1$, $\tau \ll T_2$);

Данный алгоритм позволяет системе функционировать и формировать оптимальные оценки при любом сочетании времени прихода измерений от различных датчиков. Также при применении данного алгоритма повышается помехозащищенность МПРЛС поскольку она продолжает устойчиво формировать все требуемые оценки при отсутствии измерений от любой из позиций, например при радиоэлектронном подавлении соответствующей позиции.

Литература

1. Дудник П.И. Авиационные радиолокационные комплексы и системы. ВВИА имени профессора Н.Е Жуковского, 2006г. 1112 с.
2. Меркулов В.И., Верба В.С., Ильчук А.Р. Автоматическое сопровождение целей в РЛС интегрированных авиационных комплексов. Т. 2. М.: Радиотехника, 2018г. 486 с.
3. Меркулов В.И., Верба В.С., Ильчук А.Р. Автоматическое сопровождение целей в РЛС интегрированных авиационных комплексов. Т. 1. М.: Радиотехника, 2018г. 360 с.