

обеспечивает учет взаимосвязи моделей и задач, используемых для оптимизации параметров системы в соответствии с той их декомпозицией, которую предопределяет эта методическая схема.

Литература.

1. Цвиркун А.Д., Акинфиев В.К. Структура многоуровневых и крупномасштабных систем. – М.: Наука, 1993. – 160 с.

Пантеев Р.Л., Поздняков Е.К., Коротков В.В., Ткаченко В.Н.

Публичное акционерное общество «ТОПАЗ»

Применение функций чувствительности при оценке погрешности измерения координат разностно-дальномерным методом

Важной задачей, при разработке сложных систем, является конкретизация общих тактико-технических требований, изложенных в техническом задании на систему, применительно к ее составным частям. В данной работе для решения подобных задач предлагается использовать функции чувствительности.

Преимущества использования функций чувствительности показаны на примере пассивной радиолокационной системы мониторинга воздушного пространства.

В состав системы входят четыре пространственно-разнесенные станции С, R, L и Q (рис. 1), а для расчета координат используется разностно-дальномерный метод.

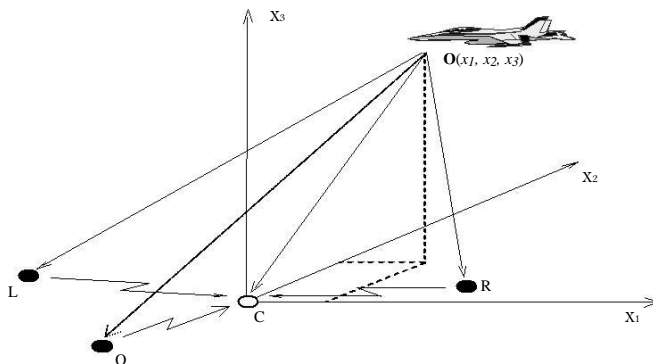


Рис. 1. Пассивная система мониторинга воздушного пространства

Для определения координат объекта в текущий момент времени необходимо решить систему уравнений (1), получивших название – гиперболических.

$$\begin{aligned} \tau_L &= \frac{1}{c} (\overline{OL} + \overline{LC} - \overline{OC}) = f(x_1, x_2, x_3) \\ \tau_R &= \frac{1}{c} (\overline{OR} + \overline{RC} - \overline{OC}) = g(x_1, x_2, x_3) \\ \tau_Q &= \frac{1}{c} (\overline{OQ} + \overline{QC} - \overline{OC}) = h(x_1, x_2, x_3) \end{aligned} \quad (1)$$

$\tau_{L,R,Q}$ - задержки времени прихода сигнала на станции

c - скорость света

$$\begin{aligned} F_L &= \frac{1}{c} \left(\sqrt{(x_1 - x_{1L})^2 + (x_2 - x_{2L})^2 + (x_3 - x_{3L})^2} + D_L - \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2} \right) - \tau_L c \\ F_R &= \frac{1}{c} \left(\sqrt{(x_1 - x_{1R})^2 + (x_2 - x_{2R})^2 + (x_3 - x_{3R})^2} + D_R - \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2} \right) - \tau_R c \\ F_Q &= \frac{1}{c} \left(\sqrt{(x_1 - x_{1Q})^2 + (x_2 - x_{2Q})^2 + (x_3 - x_{3Q})^2} + D_Q - \sqrt{x_1^2 + x_2^2 + x_3^2} \right) - \tau_Q c \\ D_L &= \overline{LC}, D_R = \overline{RC}, D_Q = \overline{QC} \end{aligned}$$

(2)

x_1, x_2, x_3 - координаты цели

x_{1L}, x_{2L}, x_{3L} - координаты станции L

x_{1R}, x_{2R}, x_{3R} - координаты станции R

x_{1Q}, x_{2Q}, x_{3Q} - координаты станции Q

Пусть известна σ_i^τ погрешность (с.к.о.) измерения времен задержек $\tau_{L,R,Q}$, поступления сигнала на станции.

Положение координат ИРИ вычисляется путем нахождения корней системы уравнений (2). При условии точного измерения времени τ_0 , получим точное решение системы (2) x_0 . Необходимо получить оценку положения ИРИ при ошибочных величинах компонента вектора $\tau = [\tau_1, \tau_2, \tau_3]$, где $\tau_1 = \tau_L$, $\tau_2 = \tau_R$, $\tau_3 = \tau_Q$. С этой целью разложим вектор x в ряд Тейлора в окрестности точного положения ИРИ x_0 , ограничиваясь его линейной частью:

$$x(\tau_0 + \Delta\tau) = x(\tau_0) + \left. \frac{\partial x}{\partial \tau} \right|_{\tau=\tau_0} (\Delta\tau), \quad (3)$$

$$x(\tau_0 + \Delta\tau) - x(\tau_0) = \left. \frac{\partial x}{\partial \tau} \right|_{\tau=\tau_0} (\Delta\tau) \quad (4)$$

Величина смещения Δx координаты положения, вызванная погрешностью измерения времени задержки на величину $\Delta\tau$ определяется через коэффициент чувствительности следующим соотношением:

$$\Delta x(\tau_0 + \Delta\tau) = \left. \frac{\partial x}{\partial \tau} \right|_{\tau=\tau_0} (\Delta\tau) \quad (5)$$

где

$$\left. \frac{\partial x}{\partial \tau} \right|_{\tau=\tau_0} = \begin{bmatrix} \frac{\partial x_1}{\partial \tau_1} & \frac{\partial x_1}{\partial \tau_2} & \frac{\partial x_1}{\partial \tau_3} \\ \frac{\partial x_2}{\partial \tau_1} & \frac{\partial x_2}{\partial \tau_2} & \frac{\partial x_2}{\partial \tau_3} \\ \frac{\partial x_3}{\partial \tau_1} & \frac{\partial x_3}{\partial \tau_2} & \frac{\partial x_3}{\partial \tau_3} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Каждая координата x_i вектора положения x получит соответствующее приращение в связи с ошибками измерения времени задержки, а именно:

$$x_i(t_0 + \Delta\tau) = x_i(t_0) + \sum_{j=1}^3 \frac{\partial x_i}{\partial \tau_j} \Delta\tau_j, \quad i = 1 \dots 3 \quad (7)$$

Соотношение (7) содержит ошибку измерения координаты ИРИ, пропорциональную ошибке измерения времени задержки $\Delta\tau_j$, коэффициентом

пропорциональности при этом является функция чувствительности координаты x_i к изменению времени задержки, $\frac{\partial x_i}{\partial \tau_j}$.

Использование функций чувствительности, позволяет определить требования к подсистеме измерения времен задержки при расчете координат разностно-дальномерным методом, в зависимости необходимой точности измерения координат системой в целом.

Литература.

1. Ортега Дж., Рейнболдт В. Итерационные методы решения нелинейных систем уравнений со многими неизвестными. Мир, Москва, 1975. – 558 с.
2. Аверьянов, В. Я. Разнесенные радиолокационные станции и системы. Наука и техника, Минск, 1978. - 184 с.

3. Черняк, В. С. Многопозиционная радиолокация. Радио и связь, Москва, 1993.-415с.
4. Радиозлектронные системы: справочник. ЗАО "Маквис", Москва, 1998. - 828 с.