

## Использование расширенного фильтра Калмана для оценки положения беспилотного летательного аппарата

Рак С.А.

Физико-технический Институт НАН Беларуси

Существенным ограничением использования спутниковых навигационных систем (СНС), для определения пространственного положения беспилотного летательного аппарата (БЛА), являются большие временные задержки между сигналами (от 1 с до 0.1 с). Для устранения данного ограничения, с целью обеспечения оптимального функционирования системы управления БЛА и обеспечения минимальной ошибки отклонения от заданной пространственно-временной траектории, представлен простой метод объединения данных СНС и внутренней инерциальной навигационной системы БЛА. Подобное решение также позволяет получить оценку смещения нулевого значения для акселерометров, а также оценку положения при короткой потере сигнала от СНС. Традиционно, в подобных методах, используется расширенный фильтр Калмана:

$$\frac{d}{dt} \mathbf{x} = f(\mathbf{x}, \dots) + \mathbf{w}(t), \mathbf{z} = h(\mathbf{x}, \dots) + \mathbf{r}(t), \quad (1)$$

где  $\mathbf{X}$  — вектор состояний системы,  $f$  — модель динамики системы,  $\mathbf{w}$  — матрица возмущений,  $\mathbf{z}$  — вектор измерений,  $h$  — модель измерений системы,  $\mathbf{r}$  — матрица ошибок измерений.

Определим вектор состояний системы следующим образом:

$$\mathbf{x} = [\gamma \quad \theta \quad \psi \quad p_n \quad p_e \quad h_{MSL} \quad V_n \quad V_e \quad V_d \quad \hat{b}_{\omega_x} \quad \hat{b}_{\omega_y} \quad \hat{b}_{\omega_z} \quad \hat{b}_{a_x} \quad \hat{b}_{a_y} \quad \hat{b}_{a_z}]^T, \quad (2)$$

где  $\gamma, \theta, \psi$  — угловое положение БЛА,  $p_n, p_e, h_{MSL}$  — оценки пространственного положения в прямоугольной системе координат,  $V_n, V_e, V_d$  — линейные скорости БЛА в прямоугольной системе координат,  $\hat{b}_{\omega_x}, \hat{b}_{a_x}$  — оценки смещения нулевого значения гироскопа и акселерометра соответственно

Тогда вектор измерений:

$$\mathbf{z} = [\psi \quad p_n \quad p_e \quad h_{MSL} \quad V_n \quad V_e \quad V_d]^T, \quad (3)$$

В случае, когда необходимо получить оценку положения при отсутствии сигналов СНС, все элементы вектора измерений и матрицы ошибок измерений равняются нулю. Метод был реализован и показал устойчивые результаты при работе с датчиками и СНС GPS/ГЛОНАСС.