

ỨNG DỤNG THUẬT TOÁN TỰ TỔ CHỨC NÂNG CAO CHẤT LƯỢNG XỬ LÝ TÍN HIỆU CỦA BỘ ĐO CAO LIÊN KẾT

Phạm Đức Thỏa^{1*}, Nguyễn Quang Vinh¹, Nguyễn Xuân Căn², Trần Ngọc Hương³

Tóm tắt: Trong một số trường hợp các bộ đo cao liên kết sử dụng bộ lọc Kalman cho ta kết quả tốt về nâng cao độ chính xác và độ tin cậy. Tuy nhiên, khi điều kiện bay biến động, thời gian bay dài thì bộ lọc Kalman không phải luôn duy trì tính hiệu quả. Trong thời gian nào đó, thông tin tiên nghiệm của các phép đo cuối trong khoảng thời gian làm việc trước đó không đầy đủ, thuật toán ước lượng sai số đối với các tham số trạng thái không đạt độ chính xác mong muốn dẫn đến thuật toán lọc không hội tụ. Để giải quyết bài toán trên nhằm đảm bảo bộ đo cao luôn làm việc chính xác, nhóm tác giả đã xây dựng và minh chứng một trường hợp cụ thể sử dụng thuật toán tự tổ chức. Kết quả mô phỏng cho thấy tính đúng đắn của thuật toán đề ra.

Từ khóa: Đo cao liên kết, Thuật toán tự tổ chức, Dẫn đường quán tính.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Hiện nay, các thiết bị bay (TBB) hiện đại luôn được trang bị hệ thống dẫn đường quán tính (HTĐĐQT) với độ chính xác cao. Đối với kênh cao của hệ thống này luôn mất ổn định, gây sai số lớn, nếu không được các bộ đo cao khác hỗ trợ thì sai số đo cao sẽ tích lũy lớn dần theo thời gian. Rất nhiều công trình nghiên cứu nhằm nâng cao chất lượng kiểm soát độ cao bay, đa phần các nghiên cứu trong nước [1] [2] [3] và ngoài nước [5] [6] chỉ dừng lại khẳng định độ chính xác được nâng cao trong xử lý tín hiệu trong các bộ đo cao liên kết. Trong những năm gần đây, một số công trình nghiên cứu trên thế giới được công bố [8] [9] có đề cập đến vấn đề lựa chọn cấu trúc tối ưu cho xử lý tín hiệu, kết quả chỉ dừng lại ở công bố lý thuyết chưa tường minh. Tuy nhiên, bài toán đánh giá mức độ quan sát được cho các biến trạng thái, kết hợp với thuật toán tự tổ chức (TTC) xây dựng mô hình dự đoán cho bộ đo cao liên kết, để nâng cao chất lượng xử lý tín hiệu đo cao vẫn chưa có công trình nào được công bố. Để minh chứng cho thuật toán trên, lấy mô hình bộ đo cao liên kết quán tính vô tuyến (QT-VT), trong đó bộ đo cao quán tính (ĐCQT) làm bộ đo cơ sở, chúng tôi tiến hành xây dựng mô hình và các thuật toán mới (thuật toán đánh giá lựa chọn tham số độ cao) nhằm hiệu chỉnh các tham số cho ổn định kênh cao HTĐĐQT.

2. XÂY DỰNG SƠ ĐỒ CẤU TRÚC VÀ THUẬT TOÁN XỬ LÝ

2.1. Mô hình mẫu tín hiệu đầu vào của bộ đo cao

Đối với kênh cao của HTĐĐQT, sai số đo cao bao gồm sai số cảm biến, nhiễu và sai số tính toán. Các sai số này nếu không được bù khử thì sẽ tích lũy lớn dần theo thời gian. Đặc biệt sai số ngẫu nhiên bao gồm sai số đo gia tốc và sai số theo tốc độ trôi ngẫu nhiên của con quay cần được đánh giá ước lượng sao cho kết quả đạt được tối ưu nhất.

Khi bỏ qua mối liên quan chéo giữa các kênh của khối đo quán tính (KĐQT) hệ ĐCQT sẽ có gia tốc kế định hướng thẳng đứng được đặt trên đế. Với TBB có yêu cầu cao về điều khiển phải sử dụng các con quay có chất lượng cao (sai số ε_y nhỏ) thì các sai số đưa vào hệ thống định vị sẽ nhỏ hơn đáng kể so với các thành phần sai số khác.

Khi đó, mô hình các sai số ĐCQT sẽ được viết bằng phương trình vi phân đơn giản hơn [7].

382 *P. Đ. Thỏ, ..., T. N. Hương, “Ứng dụng thuật toán tự tổ chức ... bộ đo cao liên kết.”*

Nghiên cứu khoa học công nghệ

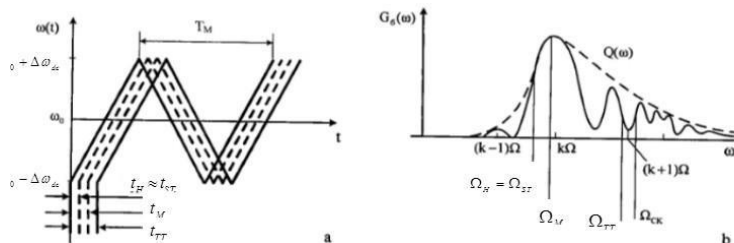
$$\delta H = \delta V \begin{cases} \delta V = \left(\frac{g}{R} \right) \delta H + \delta a + \delta g \\ \delta a = -\alpha \cdot \delta a + u \\ \delta g = -\beta \cdot \delta g + u \end{cases} \quad (1)$$

Trong đó: $\alpha = 1/\tau_a, \beta = 1/\tau_g$; τ_a, τ_g là khoảng tương quan của các sai số $\delta a_y(t)$ và $\delta g(t)$; $u_{\delta a}, u_{\delta g}$ là các dạng nhiễu trắng với kỳ vọng toán học bằng không và hàm tương quan $B_{u_{\delta a}}(t) = 2\alpha\sigma_{\delta a}^2 \delta(t - \tau)$; $B_{u_{\delta g}}(t) = 2\beta\sigma_{\delta g}^2 \delta(t - \tau)$.

Sự thay đổi độ cao $\delta H_{QT}(t) = \delta H(t)$ với sai số gia tốc kế $\delta a(t)$ và sai số đo tính bất định $\delta g(t)$ đóng vai trò lớn trong tính sai số.

Mặt khác, đối với ĐCVT trên TBB hành trình chủ yếu ở dạng điều tần liên tục. Nguyên nhân gây sai số trong xử lý tín hiệu tại đầu ra chủ yếu vẫn là độ chệch ước lượng ($\delta H_{CM}(t)$). Các sai số động lực học và sai số dụng cụ có giá trị nhỏ hơn rất nhiều do có thể khắc phục được nên ở bài toán này chúng ta không xét tới.

Trong ĐCVT điều tần liên tục, độ giữ chậm tín hiệu theo tần số sườn trước $\Omega_H = \Omega_{ST}$ của phổ $G_{\delta}(\omega)$, tín hiệu phách và cực đại Ω_M của đường bao phổ $Q(\omega)$ (phương pháp cực bộ) theo tâm năng lượng của đường bao $Q(\omega)$ tín hiệu phách, tương ứng với tần số Ω_{TT} hoặc mô men bậc hai mô tả đường bao $Q(\omega)$ (phương pháp tích phân), ứng với tần số trung bình Ω_{ck} .



Hình 1. Mô hình tín hiệu ĐCVT điều tần theo các mức ước lượng.

Ở đây $\Delta\omega_{dc}$ là độ sâu điều chế; t_{TT}, t_M chính là giá trị độ giữ chậm tín hiệu phách và cực đại, nó sẽ chệch so với độ giữ chậm của sườn trước t_{ST} . Độ chệch có thể được tính trước bằng cách hiệu chỉnh tương ứng.

Việc thay đổi quỹ đạo loại bề mặt phản xạ thay đổi và độ lệch, độ tà thay đổi. Khi đó, hệ số định hướng độ rộng dải tần tán xạ ngược của bề mặt các đặc trưng của tín hiệu phản xạ cũng như các độ giữ chậm không thể tính trước và hiệu chuẩn được. Lúc đó, độ chệch ước lượng độ cao sẽ là quá trình dao động ngẫu nhiên thay đổi chậm $\delta H_{CM}(t)$. Hàm tương quan của nó có thể mô tả ở dạng [7]:

$$B_{\delta H_{CM}}(\tau) = \sigma_{CM}^2 \exp(-|\tau|/\tau_{CM}) \quad (2)$$

Ở đây σ_{CM}^2 là phương sai độ chệch ước lượng; τ_{CM} là khoảng tương quan.

Quá trình $\delta H_{CM}(t)$ được thể hiện ở dạng quá trình Markov chuẩn và do đó nó thỏa mãn phương trình vi phân tuyến tính bậc nhất với các hệ số ngẫu nhiên:

$$\delta H_{CM}(t) = -\beta_{CM} \delta H_{CM}(t) + u_{\delta H_{CM}}(t) \quad (3)$$

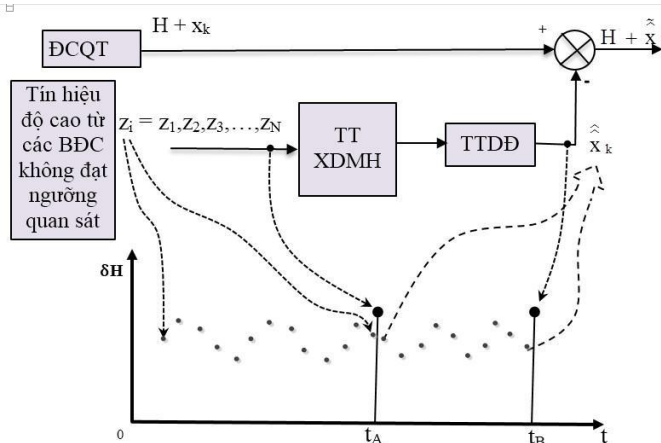
Ở đây, $\beta_{CM} = 1/\tau_{CM}$; $u_{\delta H_{CM}}(t)$ là tạp trắng hình thành với kỳ vọng toán bằng 0 và hàm tương quan:

$$B_{u_{\delta H_{CM}}}(\tau) = m \{ u_{\delta H_{CM}}(t) u_{\delta H_{CM}}(t + \tau) \} = 2 \beta_{CM} \sigma_{CM}^2 \delta(t - \tau) \quad (4)$$

Để xác định các giá trị σ_{CM} và τ_{CM} , cần phải biết thông tin tiên nghiệm và quỹ đạo bay. Giá trị τ_{CM} được xác định bởi các kích thước hình học của mức trung bình bề mặt với phân bố địa hình khác nhau.

2.2. Phương pháp xây dựng mô hình dự đoán

Ta xét trường hợp khi chế độ làm việc otonom của HTDĐQT thì hệ ĐCQT với các tham số luôn được hiệu chỉnh từ các bộ đo cao bên ngoài. Tại thời điểm t_A nào đó tín hiệu độ cao từ thiết bị đo cao bên ngoài không đảm bảo độ tin cậy cho hiệu chỉnh cho ĐCQT như bị chế áp bởi nhiễu, các điều kiện ngoại cảnh tác động, TBB chuyển động phức tạp ... lúc này các mô hình tiên nghiệm trở nên không phù hợp với quá trình thực của sự biến thiên sai số của ĐCQT của bộ đo cao liên kết làm việc trước thời điểm t_A thì có thể tiến hành hiệu chỉnh hệ dẫn đường gián tiếp bằng các thuật toán ngoại suy. Để xây dựng mô hình dự đoán trong khoảng thời gian $(t_A \div t_B)$, chúng ta sử dụng thuật toán ngoại suy các giá trị nhận được trước thời điểm t_A ($Z_i = z_1, z_2, z_3, \dots, z_N$) lấy từ bộ đo cao liên kết (hình 2). Thuật toán này thực hiện việc dự đoán các sai số hệ ĐCQT sau đó ước lượng được dự đoán các sai số đưa tới đầu ra và tiến hành bù các sai số của hệ ĐCQT.



Hình 2. Tổng quan về phương án xây dựng mô hình dự đoán.

Trong đó: TT XDMH là thuật toán xác định mô hình; TTDĐ là thuật toán dự đoán.

2.3. Ứng dụng thuật toán TTC cho bộ đo cao liên kết QT-VT

2.3.1. Phương án xây dựng thuật toán TTC

Trong một khoảng làm việc của bộ đo cao liên kết, với các nghiên cứu trước [2] [3] [8] [9] cần nhớ tập các phép đo bao gồm một số phép đo cuối cùng, Khi các điều kiện bay thay đổi do một nguyên nhân nào đó (thay đổi các dải độ cao khác nhau, mức trung bình bề mặt biến đổi hay tác động của nhiễu tích cực hay tiêu cực) việc dự đoán sai số trạng thái của đối tượng cơ động với việc sử dụng các mô hình toán tiên nghiệm là không thể thực hiện được. Vấn đề này được giải quyết nhờ sử dụng thuật toán TTC.

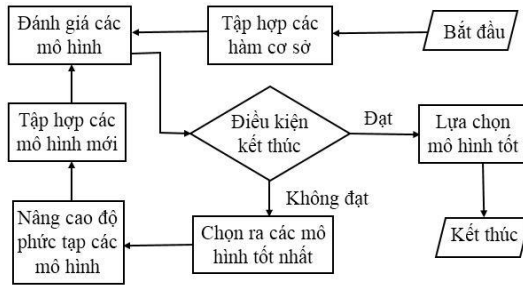
Thuật toán TTC cho phép xây dựng mô hình toán học không cần có thông số tiên nghiệm các quy luật thay đổi của biến trạng thái cần khảo sát. Khi thiết kế mô hình toán,

384 *P. Đ. Thỏ, ..., T. N. Hỏng, “Ứng dụng thuật toán tự tổ chức ... bộ đo cao liên kết.”*

Nghiên cứu khoa học công nghệ

phải luôn kết hợp với tập hợp các tiêu chuẩn lựa chọn, và cuối cùng lựa chọn mô hình tối ưu nhất [8].

Lưu đồ của thuật toán TTC được thể hiện như hình 3:



Hình 3. Lưu đồ thuật toán TTC xử lý tín hiệu độ cao.

Tập hợp các hàm cơ sở: Dựa vào các thông tin tiên nghiệm đã có sẽ cho phép giới hạn các hàm cơ sở, theo hướng biến thiên có thể cho phép lựa chọn đúng các hàm cơ sở sử dụng hàm hướng tuyến tính, phương trình sai phân, dãy Volterra.

Đánh giá các mô hình và chọn ra các mô hình tốt nhất: Tính tiền quyết phải tuân theo các tiêu chuẩn đánh giá thuật toán TTC như: tiêu chuẩn đồng đều (

$$|2| \in \quad 2 \rightarrow \quad \text{và} \quad , \text{ tương ứng 2 mô hình là A và B với đầu ra là } \quad \text{và} \quad \text{và}$$

điểm thành hai phần: $\square = \sum \in (-) / \sum \in \rightarrow \square$

hệ số và), tiêu chuẩn cân bằng ...

Nâng cao độ phức tạp mô hình: Giả sử phương trình mô tả đủ của một đối tượng.

$$f_p = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \tag{5}$$

Ta tiến hành thay đổi mô tả theo hàng loạt các tổ hợp khác theo nhóm các đối số:

$$y_1 = f_1(x_1, x_2), y_2 = f_2(x_1, x_3), \dots, y_p = f_p(x_{n-1}, x_n); \text{ với } p = C_n^2$$

$$z_1 = f_1(y_1, y_2), z_2 = f_2(y_1, y_3), \dots, z_q = f_q(y_{p-1}, y_p); \text{ với } q = C_p^2 \tag{6}$$

Việc phức tạp hóa các mô hình phải tuân thủ các hàm f_i là như nhau trong tất cả các phương trình và các mô hình sau phải mô tả toàn phần ở dạng chung đối với các mô hình thiết lập trước.

2.3.2. Bộ đo cao liên kết ứng dụng thuật toán TTC

Trong các ứng dụng thực tế, cần phải biết khả năng quan sát một cách hiệu quả mỗi phần tử cụ thể của véc tơ trạng thái. Muốn vậy ta đưa ra khái niệm số đo hoặc là mức độ quan sát được của mỗi phần tử cụ thể của biến trạng thái. Về quan điểm độ chính xác ước lượng, mức độ quan sát được B.H. Афанасьев и К.А. Неусыпин khảo sát đã xác định tỷ số phương sai của phần tử bất kỳ của véc tơ trạng thái và phương sai của véc tơ trạng thái được đo trực tiếp có tính tới phương sai của tập đo.

Tiêu chuẩn mức độ quan sát được có dạng:

$$D^{i_0} = \frac{E[(x^i)^2]_{R_0}}{E[(y^i)^2]_{R^{*i}}} \tag{7}$$

Ở đây $E[(x^i)^2]$ là phương sai phần tử thứ i tùy ý của véc tơ trạng thái.

$E[(y^i)^2]$ là phương sai véc tơ trạng thái được đo trực tiếp.

Đo lường – Tin học

$R^{-1} = E \begin{bmatrix} \alpha_1 & & \\ & \alpha_2 & \\ & & \dots & \alpha_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha_1^{-1} & & & \\ & \alpha_2^{-1} & & \\ & & \dots & \\ & & & \alpha_n^{-1} \end{bmatrix}$ là tập đo dẫn suất có phương sai của phần tử thứ i

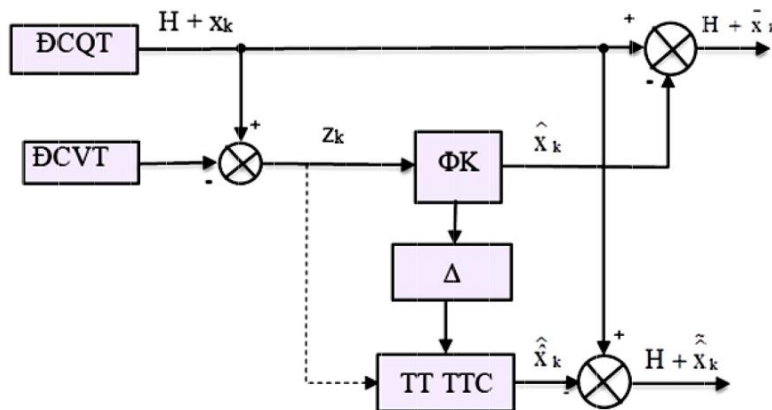
được xác định bởi các hệ số α_i ; trong đó $\alpha_i (i=1,2,\dots,n)$ là hàng thứ i của ma trận nghịch đảo của ma trận quan sát

$$O = \begin{bmatrix} H & & & \\ & H\Phi & & \\ & & \dots & \\ & & & H\Phi^{n-1} \end{bmatrix}$$

Khi tiến hành mỗi bước đo thì cường độ tập hình thành là khác nhau, đối với mỗi phần tử bất kỳ của véc tơ trạng thái tập đo dẫn suất được xác định từ các phép đo qua mỗi bước đo. Biểu thức (7) để đánh giá về lượng tính quan sát được của từng thành phần véc tơ trạng thái.

Khi độ chính xác ước lượng các véc tơ trạng thái không đạt yêu cầu, tương ứng với mức độ quan sát được của nó không đạt ngưỡng. Mức độ quan sát được của biến các biến trạng thái có một mức ngưỡng xác định θ theo từng dải độ cao ở điều kiện baay cụ thể, được xác định trong quá trình nghiên cứu thử nghiệm TBB. Sử dụng thuật toán TTC làm thuật toán biến thể của bộ lọc Kalman. Ở giai đoạn làm việc ban đầu của thuật toán thực hiện xây dựng mô hình các sai số hệ ĐCQT trong xử lý liên kết tín hiệu. Việc ứng dụng thuật toán tự tổ chức khi khả năng mức độ quan sát được các biến trạng thái không đáp ứng được hoặc thông tin tiên nghiệm ban đầu không đầy đủ thì chất lượng của việc đánh giá các biến trạng thái thông qua bộ lọc Kalman không thể đáp ứng được độ chính xác ước lượng không đảm bảo.

Sơ đồ cấu trúc bộ đo cao liên kết QT-VT sử dụng thuật toán TTTC được thể hiện trên hình 4.



Hình 4. Sơ đồ cấu trúc bộ đo cao liên kết sử dụng thuật toán TTC.

H - Thông tin độ cao thực tế cần đo; x_k - Véc tơ sai số của hệ ĐCQT; \hat{x}_k - Véc tơ sai số

ước lượng ĐC QTT; là đánh giá mức độ quan sát được; \hat{x}_k véc tơ sai số ước lượng của thuật toán TTCC.

3. MÔ PHỎNG ĐÁNH GIÁ TÍNH CHÍNH XÁC BỘ ĐO CAO LIÊN KẾT ỨNG DỤNG THUẬT TOÁN TỰ TỔ CHỨC

Để kiểm nghiệm đánh giá tính ưu việt của thuật toán TTTC trong xử lý liên kết tín hiệu độ cao. Cụ thể hơn là nâng cao chất lượng hiệu chỉnh các tham số trạng thái của kênh cao HDDQT trên cơ sở các mô hình sai số của các bộ đo cao theo phương trình (1), (3) tiến hành xây dựng phương trình trạng thái dạng rời rạc có dạng [2]:

$$x_k = \Phi x_{k-1} + \Gamma w_{k-1} \tag{8}$$

Nghiên cứu khoa học công nghệ

với:
$$x_k = \begin{bmatrix} \delta H \\ \delta V \\ \delta a \\ \delta g \\ \delta H_{CM} \end{bmatrix}, \quad \Phi = \begin{bmatrix} 1 & T & 0 & 0 & 0 \\ 2gT/R & 1 & T & T & 0 \\ 0 & 0 & 1-\alpha T & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1-\beta T & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1-\beta_{CM}T \end{bmatrix}, \quad \Gamma = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ T^2 & T^2 & 0 \\ -T(T\alpha-1) & 0 & 0 \\ 0 & -T(T\beta-1) & 0 \\ 0 & 0 & -T(T\beta_{CM}-1) \end{bmatrix}$$

Phương trình véc tơ trạng thái được đo:

$$z_k = Hx_k + v_k \tag{9}$$

Ta sử dụng cách tiếp cận vô hướng không mất đi tính tổng quát của cách đặt bài toán khi ta giả sử rằng các véc tơ trạng thái được đo, nghĩa là $H = [1 \ 0 \ 0 \ 0 \ -1]$. Chia mỗi bước đo thành 5 nhịp và mô tả các phép đo này qua véc tơ trạng thái dạng ma trận:

$$z^* = O x_1 + v^* \tag{10}$$

Theo công thức (7).

$$O = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 1 & T & 0 & 0 & T\beta_{CM}-1 \\ 2gT^2/R+1 & 2T & T^2 & T^2 & -(T\beta_{CM}-1)^2 \\ 6gT^2/R+1 & 2T+T(2gT^2/R+1) & 2T^2-T^2(T\alpha-1) & 2T^2-T^2(T\beta-1) & (T\beta_{CM}-1)^3 \\ (2gT^2/R+1)^2+8T^2g/R & 4T(2gT^2/R+1) & O_{53} & O_{54} & -(T\beta_{CM}-1)^4 \end{bmatrix}$$

$$O_{53} = 2T^2(2-T\alpha) + T^2(2gT^2/R+1) + T^2(T\alpha-1)^2$$

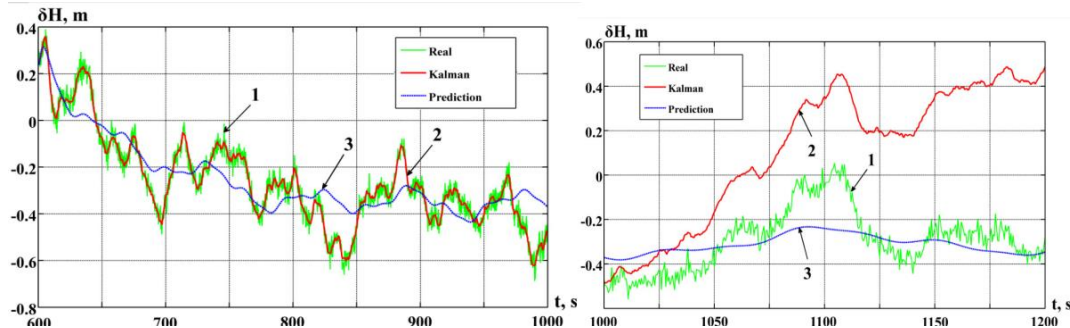
$$O_{54} = 2T^2(2-T\beta) + T^2(2gT^2/R+1) + T^2(T\beta-1)^2$$

Phương sai tạp đo dẫn xuất được tính: $R = \begin{bmatrix} \sigma_{\alpha}^2 & & & & \\ & \sigma_{\alpha}^2 & & & \\ & & \sigma_{\beta}^2 & & \\ & & & \sigma_{\beta_{CM}}^2 & \\ & & & & \sigma_{R_0}^2 \end{bmatrix}$; với $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_5$ là hàng

thứ i của ma trận O^{-1} .

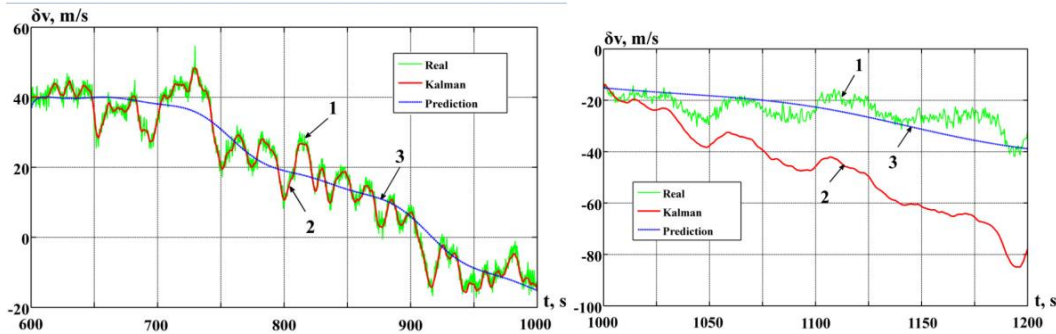
Tiến hành mô phỏng bán tự nhiên ước lượng dự đoán sai số đối với các mô hình thực tế đánh giá trạng thái trong bộ đo cao liên kết QT-VT, so sánh giá trị ước lượng các véc tơ trạng thái khi sử dụng bộ lọc Kalman thích nghi và ước lượng bằng thuật toán TTC với các tham số $\alpha = 1,3s^{-1}$; $\beta = 1s^{-1}$; $T = 0.1s$; $\sigma_{\Delta a z}^2 = 10^{-6}(m^2/s^4)$; $\tau_g = 200(s)$; $\sigma_{\Delta g}^2 = 10^{-8}(m^2/s^4)$; $\sigma_{CM}^2 = 1000(m^2/s^4)$, $\tau_{CM} = (1 \div 30) s$, $g = 9.8m/s^2$, ma trận cường độ tạp tạo

$P(0/0) = \text{diag} \left[\begin{matrix} 2 & & & & \\ \sigma_{CM}^2 & 0 & \sigma_{\delta z}^2 & \sigma_{\delta g}^2 & \sigma_{CM}^2 \end{matrix} \right]$ cho ta kết quả như hình 5; hình 6. Kết quả so sánh trên bảng 1 và bảng 2:



Hình 5. Sai số ước lượng độ cao khi xử lý kết hợp tín hiệu đo cao, khi xử lý kết hợp sử dụng bộ lọc Kalman và khi sử dụng thuật toán TTC.

Đo lường – Tin học



Hình 6. Sai số ước lượng vận tốc khi xử lý kết hợp tín hiệu đo cao,

khi xử lý kết hợp sử dụng bộ lọc Kalman và khi sử dụng thuật toán TTC.

Trong hình 5, hình 6: 1 – Giá trị thực tế sai số; 2 – Giá trị sai số đánh giá bởi bộ lọc Kalman; 3 – Giá trị sai số bằng thuật toán tự tổ chức.

Bảng 1. So sánh sai số độ cao sau khi hiệu chỉnh trong trường hợp sử dụng bộ lọc Kalman và trường hợp sử dụng thuật toán TTC.

Thời gian	Sai số trung bình		Phương sai		Độ lệch quân phương	
	Kalman	TTC	Kalman	TTC	Kalman	TTC
$t = (600 \quad 1000)s$	0,0244	0,0896	$3,2446 \cdot 10^{-4}$	0,0045	0,018	0,0670
$t = (1000$	0,3997	0,0892	0,6391	0,0297	0,7994	0,1723

Bảng 2. So sánh sai số vận tốc sau khi hiệu chỉnh trong trường hợp sử dụng bộ lọc Kalman và trường hợp sử dụng thuật toán TTC.

Thời gian	Sai số trung bình		Phương sai		Độ lệch quân phương	
	Kalman	TTC	Kalman	TTC	Kalman	TTC
$t = (600 \quad 1000)s$	1,2749	4,1353	0,9332	10,5086	0,966	3,2417
$t = (1000$	22,8179	4,5595	$2,083 \cdot 10^3$	83,1556	45,6358	9,119

Kết quả mô phỏng cho ta thấy độ chính xác đo cao được cải thiện rõ rệt trong xử lý liên kết tín hiệu khi ứng dụng thuật toán TTC. Đánh giá cấp độ quan sát cho phép xác định thành phần nào của vectơ trạng thái vượt giá trị ngưỡng được sử dụng trong mô hình các thành phần có cấp độ quan sát nhỏ hơn được dự đoán bởi thuật toán TTC, điều này cho ta quan sát tốt mọi biến biến trạng thái để hiệu chỉnh các tham số đo cao trên toàn quỹ đạo bay.

Như đã biết, trong [2] [3] [4] độ chính xác luôn được nâng cao trong xử lý liên kết tín hiệu, qua khảo sát độ chính xác này phụ thuộc chủ yếu vào khoảng tương quan τ_{CM} [7]. Tuy nhiên, trong điều kiện quỹ đạo bay, bề mặt phản xạ biến động lớn, độ lệch và tà thay đổi hoặc tín hiệu phản xạ bị ảnh hưởng trực tiếp của sóng điện từ khi này τ_{CM} có giá trị lớn, điều này ảnh hưởng trực tiếp đến phương sai nhiều đo trong xử lý tín hiệu làm cho mức độ quan sát được của biến trạng thái giảm đi đáng kể. Cụ thể, khi mô phỏng kiểm tra đánh giá mức độ quan sát được đối với sai số vận tốc theo (7) tại thời điểm $t > 1000s$ khi $\tau_{CM} = (22 \div 30)s$ cũng cho ta giá trị nhỏ hơn là $(0.0096 \div 0.0172)$ so với giai đoạn $t < 1000s$ thì mức độ quan sát được lớn hơn $(0.027 \div 0.18)$ khi $\tau_{CM} = (5 \div 20)s$.

Nghiên cứu khoa học công nghệ

Kết quả mô phỏng thể hiện rất đúng với lý thuyết, tại $\tau_{CM} = 8s$ trong khoản $t < 1000s$ thì độ chính xác đánh giá độ cao sử dụng bộ lọc Kalman trong bộ đo cao QT-VT cho ta ước lượng với độ chính xác hơn hẳn so với thuật toán xây dựng mô hình nhờ thuật toán TTC (cụ thể là sai số quân phương đối với độ cao và vận tốc thì giá trị tương ứng với xử lý liên kết khi sử dụng Kalman là 0.018m và 0.966m/s, bộ đo cao liên kết có hỗ trợ của thuật toán TTC là 0.67m và 3.2417m/s). Tuy nhiên, tại thời điểm $t > 1000s$ khi $\tau_{CM} = 28s$ thì kết quả ước lượng sử dụng bộ lọc Kalman không đảm bảo độ chính xác, còn khi xử lý kết hợp có hỗ trợ của thuật toán TTC có cải thiện đáng kể khi ước lượng sai số độ cao (theo đồ thị giá trị là 0.1723 m đối với độ cao và 9.119 m/s đối với vận tốc).

4. KẾT LUẬN

Trên cơ sở các nghiên cứu trước đó về nâng cao độ chính xác trong xử lý kết hợp tín hiệu đo cao, bài báo nghiên cứu xây dựng mô hình toán học tín hiệu đầu vào của các bộ đo cao (ĐCQT, ĐCVT), tiến hành xây dựng thuật toán xử lý thông tin trong bộ đo cao phức hợp vô tuyến – quán tính sử dụng bộ lọc Kalman thích nghi. Đề xuất xây dựng thuật toán TTC vào xây dựng mô hình dự đoán đánh giá sai số các biến trạng thái cho bộ đo cao liên kết, để nâng cao chất lượng xử lý tín hiệu đo cao trên toàn dải bay của TBB. Để minh chứng cho thuật toán trên, lấy mô hình bộ đo cao liên kết quán tính vô tuyến (QT –VT), trong đó bộ đo cao quán tính (ĐCQT) làm bộ đo cơ sở, tiến hành xây dựng các thuật toán mới đánh giá lựa chọn tham số độ cao, xây dựng mô hình ưu việt hơn nhằm hiệu chỉnh các tham số cho ổn định kênh cao HDDQT. Ứng dụng phần mềm matlab để mô phỏng đánh giá tính chính xác của bộ đo cao liên kết khi sử dụng thuật toán TTC trong điều kiện thông tin tiên nghiệm không đầy đủ, việc ứng dụng bộ lọc Kalman để quan sát ước lượng không cho ta kết quả chính xác. Kết quả mô phỏng trên bộ đo cao liên kết QT-VT cho thấy tính đúng đắn của thuật toán đề ra. Tiếp theo, chúng tôi sử dụng phương pháp TTC để giải quyết bài toán đo cao với các bộ đo cao kết hợp khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Nguyễn Đức Cường, Trần Đức Thuận(2013), *Thiết bị bay có điều khiển và Tên lửa hành trình đối hải*, Sách giáo trình chuyên khảo.
- [2]. Phạm Đức Thòa, Nguyễn Quang Vịnh, Nguyễn Xuân Căn, “*Xây dựng thuật toán xử lý thông tin trong bộ đo cao phức hợp cho điều khiển thiết bị bay*”, Tạp chí Nghiên cứu KH&CN quân sự, Số đặc san Tên lửa (09/2016)
- [3]. Nguyễn Văn Chung (2014), “*Nghiên cứu hạn chế ảnh hưởng của sóng và gió biển đến kênh điều khiển độ cao của tên lửa đối hải khi bay ở độ cao thấp trên mặt biển*”, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật.
- [4]. Phạm Tuấn Hải (2004), “*Nâng cao chất lượng hệ dẫn đường thiết bị bay trên cơ sở áp dụng phương pháp xử lý thông tin kết hợp*”, Luận án Tiến sĩ kỹ thuật.
- [5]. Hajiyev Ch. Adaptive (2006), “*Filtration algorithm with the filter gain correction applied to integrated INS/radar altimeter*”, In Proceedings of the 5th International Conference on Advanced Engineering Design, Prague, Czech Republic,
- [6]. Yantai (2015), “*INS/Baro integration for INS vertical channel based on adaptive filter algorithm*”, 2014 IEEE
- [7]. А.П Жуковкий, В.В Расторгуев (1998), “*Комплекслые радиосистемы навигации и управления самолетов*”, Москва.
- [8]. Неусыпин К.А., Шэнь Кай (2017), “*Разработка высокоточных алгоритмов коррекции навигационных систем летательных аппаратов*”, Н.Э.Баумана, Москва.
- [9]. Неусыпин К.А., Селезнева Мария Сергеевна (2016), “*Разработка алгоритмов*

комплексирования навигационных систем летательных аппаратов”,
Н.Э.Баумана, Москва.

ABSTRACT**APPLICATION OF THE SELF-ORGANNIZED ALGORITHM
FOR IMPROVING THE SIGNAL PROCESSING QUALITY
OF THE LINKED HIGH MEASUARING SYSTEM**

In some cases linked high measuring systems using the Kalman filter give us good results with a high precision and reliability. However, when the flying conditions are unstable, the flying time is long, the Kalman filter does not always maintain the effectiveness. In some period predicted information of the last measurements in the previous working period is not enough, the algorithm of the error approximation of the status parameters does not reach the desired accuracy, and then the filtering algorithm does not converge. In order to solve the problem mentioned above to ensure the precision of the high measuring system we constructed and demonstrated a concrete case using the self-organized algorithm. The simulation results show the correctness of the proposed algorithm.

Keywords: The linked high measuring systems; Self-organization; Inertia.

Nhận bài ngày 01 tháng 7 năm 2018

Hoàn thiện ngày 10 tháng 9 năm 2018

Chấp nhận đăng ngày 20 tháng 9 năm 2018

Địa chỉ: ¹ Viện Tên lửa – Viện KHCN quân sự;
² Học viện KTQS;
³ Viện Công nghệ - Tổng cục CNQP.
* Email: thoadthv34@gmail.com.