

Ngoại suy tọa độ mục tiêu thời gian thực trong xử lý ảnh

Nghiêm Thành Trung^{1*}, Lê Việt Hồng¹, Vũ Xuân Huy²

¹Viện Tự động hóa Kỹ thuật quân sự, Viện Khoa học và Công nghệ quân sự, 89B Lý Nam Đế, Cửa Đông, Hoàn Kiếm, Hà Nội, Việt Nam;

²Học viện Kỹ thuật Quân sự, 236 Hoàng Quốc Việt, Bắc Từ Liêm, Hà Nội, Việt Nam.

*Email: trungnghiemtdh@gmail.com

Nhận bài: 13/01/2024; Hoàn thiện: 12/3/2024; Chấp nhận đăng: 14/3/2024; Xuất bản: 01/4/2024.

DOI: <https://doi.org/10.54939/1859-1043.j.mst.CAPITI.2024.126-132>

TÓM TẮT

Bài báo đề cập đến vấn đề tính toán vị trí mục tiêu trong điều kiện có trễ của khâu xử lý ảnh trong hệ thống tự động bám và điều khiển hỏa lực. Bằng cách đồng bộ tọa độ góc của hệ thống quan sát và các tham số xử lý ảnh theo thời gian, tọa độ góc chính xác của mục tiêu được xác định. Sử dụng bộ lọc Kalman và phương pháp ngoại suy để ước lượng vị trí và vận tốc mục tiêu. Các kết quả của bài báo được chứng minh chặt chẽ và được kiểm chứng trên hệ thống mô phỏng bán tự nhiên.

Từ khóa: Xử lý ảnh; Trễ; Điều khiển bám; Bộ lọc Kalman.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Xử lý ảnh trong điều khiển bám bắt mục tiêu là một quá trình gồm 3 chu kỳ: lấy mẫu ảnh, xử lý xác định tọa độ mục tiêu trên khuôn hình và đưa kết quả ra cho hệ thống điều khiển. Đối với việc xác định tọa độ mục tiêu, tham số đưa ra là tọa độ mục tiêu trong khuôn hình tại thời điểm lấy mẫu, chính là độ lệch tọa độ góc của mục tiêu so với tọa độ góc của hệ camera pan-tilt. Nếu mục tiêu cố định thì tham số đưa ra chính là tham số với thời gian thực. Tuy nhiên, trong điều kiện mục tiêu chuyển động, số liệu đưa ra sẽ có độ trễ nhất định do ảnh hưởng của thời gian lấy mẫu, khi mà các điểm ảnh trong khuôn hình được lấy mẫu tuần tự theo mảnh và theo dòng từ trái qua phải và từ trên xuống dưới [1]. Ngoài ra, sau khi lấy mẫu, hệ thống cũng cần thời gian để xử lý, khoảng thời gian này cũng phụ thuộc vào độ phức tạp của hình ảnh [2]. Mặt khác, tọa độ thật của mục tiêu là tổng của tọa độ góc của đài quan sát và tọa độ của mục tiêu trên màn hình. Thực tế đối với mục tiêu tĩnh hoặc tốc độ thấp, thời gian phản ứng không cần nhanh thì các phương pháp bám truyền thống theo sai lệch mục tiêu đáp ứng được yêu cầu, tọa độ góc mục tiêu được lấy theo tọa độ góc đài quan sát ở trạng thái bám ổn định. Tuy nhiên đối với yêu cầu cần tốc độ đưa ra vị trí mục tiêu nhanh – ngay khi phát hiện hoặc cần theo dõi một lúc nhiều mục tiêu, cần tính toán vị trí mục tiêu theo vị trí đài quan sát và sai lệch. Do sai lệch ảnh mục tiêu bị trễ và không liên tục, cần đồng bộ vị trí đài quan sát và sai lệch quan sát theo thời gian, mục đích là tạo chuỗi giá trị vị trí mục tiêu thực tế phục vụ bài toán tính toán và ngoại suy mục tiêu theo thời gian thực.

Trong thực tế hiện nay, để tính toán vị trí mục tiêu, một số phương pháp đã được sử dụng: sử dụng thuật toán xấp xỉ dần vị trí mục tiêu tính toán và vị trí mục tiêu thực theo sai lệch ảnh sao cho sai lệch ảnh tiến về giá trị không, hoặc sử dụng bộ lọc thông thấp kết hợp với tính toán vận tốc mục tiêu sao cho giá trị vị trí mục tiêu tính toán được làm trơn và bám sát được giá trị thực bằng phương pháp ngoại suy. Mục đích chung của các giải pháp này là đưa ra vị trí mục tiêu được làm trơn và sai lệch với giá trị thực nhỏ nhất. Nội dung bài báo này đưa ra thêm một giải pháp đó là sử dụng bộ lọc Kalman bậc 2 bao gồm vị trí và vận tốc mục tiêu để tính toán đồng thời vị trí mục tiêu thời điểm quá khứ, sau đó tiến hành ngoại suy để tính toán vị trí mục tiêu thời điểm hiện tại, sử dụng giá trị vị trí mục tiêu thời điểm hiện tại – sau ngoại suy làm giá trị đặt cho khối điều khiển vị trí đài quan sát. Giải pháp được thử nghiệm trên hệ thống mô phỏng tại phòng thí nghiệm Viện Tự động hóa Kỹ thuật quân sự.

2. THUẬT TOÁN XÁC ĐỊNH TỌA ĐỘ MỤC TIÊU THEO NHỊP THỜI GIAN LẤY MẪU ẢNH

Hiện nay, trong hệ thống điều khiển hỏa lực pháo phòng không (PPK), tọa độ mục tiêu thời gian thực được xác định như sau [3]:

$$\xi_{MT} = \xi_D + \xi_{XLA} \quad (1)$$

Trong đó:

- ξ_{MT} là tọa độ góc của mục tiêu, $\xi_D = \begin{bmatrix} \beta_D \\ \varepsilon_D \end{bmatrix}$ là tọa độ góc của đài quan sát;

- $\xi_{XLA} = \begin{bmatrix} \Delta\beta \\ \Delta\varepsilon \end{bmatrix}$ là góc lệch vị trí của mục tiêu so với tâm của hình ảnh, được xác định như sau:

$$\Delta\beta = \frac{\Delta x}{pix(x)} FOV(x); \Delta\varepsilon = \frac{\Delta y}{pix(y)} FOV(y) \quad (2)$$

Với $\Delta x, \Delta y$ thứ tự là độ lệch tọa độ mục tiêu so với tâm của ảnh theo trục ngang (X) và trục dọc (Y); $pix(x), pix(y)$ thứ tự là độ phân giải của ảnh theo trục ngang và trục dọc; $FOV(x), FOV(y)$ thứ tự là trường nhìn của camera theo trục ngang và theo trục dọc.

Bộ số liệu tọa độ góc của đài quan sát và góc lệch vị trí mục tiêu trên ảnh được lấy ra tại thời điểm lấy mẫu theo đồng hồ hệ thống. Trong khi đó, giá trị góc lệch vị trí mục tiêu trên ảnh lại là giá trị quá khứ của chu kỳ lấy mẫu ảnh. Điều này dẫn đến khả năng tọa độ thực của mục tiêu có sự sai lệch so với giá trị tính toán theo (1), đồng thời gây ra sai số trong việc xác định vận tốc mục tiêu và sai số bám sát mục tiêu.

Để khắc phục hiện tượng này dưới đây sẽ đề xuất phương pháp sử dụng bộ lọc Kalman để ngoại suy tọa độ mục tiêu trên khuôn hình theo thời gian thực đồng bộ với chu kỳ lấy mẫu tọa độ góc của đài quan sát. Ý tưởng chung của phương pháp này gồm hai nội dung chính như sau:

Thứ nhất, đồng bộ nạp giá trị vị trí đài quan sát và hình ảnh thu nhận được trong quá khứ, từ đó xác định tọa độ góc của mục tiêu tại thời điểm chính xác trong quá khứ, gán giá trị tọa độ góc của mục tiêu với giá trị thời gian tương ứng để tạo ra một chuỗi số liệu phục vụ ngoại suy tọa độ góc của mục tiêu tại thời gian hiện tại. Phương pháp này tạm gọi là “dán nhãn thời gian”.

Thứ hai, tại các thời điểm không có giá trị sai lệch vị trí mục tiêu do trích mẫu, vị trí mục tiêu được ước lượng bằng bộ lọc Kalman. Vị trí mục tiêu thời điểm hiện tại được ngoại suy từ giá trị ước lượng theo vị trí và vận tốc mục tiêu trước đó.

Nội dung một sẽ được trình bày cụ thể dưới đây. Để thực hiện việc “dán nhãn thời gian” sử dụng các ký hiệu sau:

T_A - Chu kỳ trích mẫu ảnh các định độ lệch vị trí mục tiêu trên ảnh, gọi tắt là chu kỳ ảnh;

T_{DK} - Chu kỳ đồng bộ dữ liệu điều khiển hệ thống, gọi tắt là chu kỳ điều khiển;

T_{Tr} - Thời gian trễ ảnh, được xác định bằng phương pháp thực nghiệm. Chu kỳ ảnh và chu kỳ điều khiển được chọn sao cho chu kỳ ảnh là bội số của chu kỳ điều khiển: $n = \frac{T_A}{T_{DK}}$;

$\xi_{DQS}(i, j)$ - Tọa độ góc của đài quan sát tại các nhịp điều khiển j của chu kỳ ảnh i ;

$\xi_{MT}(i), \xi_{XLA}(i)$ thứ tự là tọa độ góc của mục tiêu và góc lệch của mục tiêu so với tâm ảnh tại chu kỳ ảnh i ;

$\xi_{MT}(ij), \xi_{XLA}(ij)$ thứ tự là tọa độ góc của mục tiêu và góc lệch của mục tiêu so với tâm ảnh tại các nhịp điều khiển j của chu kỳ ảnh i .

Như vậy, tại chu kỳ ảnh i , nhịp điều khiển $j=0$, số liệu có được là tọa độ góc của đài quan sát tại thời điểm i , còn góc lệch của mục tiêu so với tâm ảnh là giá trị của thời điểm $i-T_{Tr}$. Do đó, có thể xác định chính xác tọa độ của mục tiêu tại chu kỳ ảnh $i-T_{Tr}$, nhịp điều khiển $j=0$ là:

$$\zeta_{MT}(i-T_{Tr}) = \zeta_B(i-T_{Tr}) + \zeta_{XLA}(i-T_{Tr}) \quad (3)$$

Các thành phần trong (3) trừ tọa độ góc của đài quan sát chỉ có thể xác định được trong thời điểm của chu kỳ ảnh thứ i . Như vậy tại chu kỳ ảnh thứ i và các khoảng thời gian tiếp theo theo nhịp chu kỳ điều khiển j tọa độ mục tiêu hoàn toàn không xác định được.

Tọa độ mục tiêu tính toán từ (3) được lưu vào mảng tạo thành chuỗi giá trị theo thời gian, tiến hành vi phân các tọa độ mục tiêu sẽ tính được vận tốc góc mục tiêu.

$$\nu_{MT} = \frac{\zeta_{MT}(i-T_{Tr}) - \zeta_{MT}(i-T_A - T_{Tr})}{T_A} \quad (4)$$

Giá trị vận tốc góc mục tiêu cùng với tọa độ mục tiêu tính toán đưa vào bộ lọc Kalman bậc 2 cho phép ước lượng tọa độ và vận tốc mục tiêu tại các nhịp điều khiển.

$\zeta_{MT-Est}(i-T_{Tr} + jT_{DK})$ là tọa độ mục tiêu, ν_{Est} là vận tốc góc mục tiêu ước lượng từ bộ lọc Kalman. Theo đó:

Khi $j = 0$: có dữ liệu xử lý ảnh, giá trị tọa độ mục tiêu được cập nhật theo giá trị thực: $\zeta_{MT-Est}(i-T_{Tr}) = \zeta_{MT}(i-T_{Tr})$

Khi $j \neq 0$: không có dữ liệu xử lý ảnh, tọa độ góc mục tiêu được ngoại suy theo vận tốc:

$$\zeta_{MT-Est}(i-T_{Tr} + (j+1)T_{DK}) = \zeta_{MT-Est}(i-T_{Tr} + jT_{DK}) + \nu_{Est}T_{DK} \quad (5)$$

Sau khi có tọa độ mục tiêu $\zeta_{MT-Est}(i-T_{Tr} + jT_{DK})$, có thể xác định vị trí mục tiêu ở thời điểm hiện tại theo thời gian thực bằng phép ngoại suy:

$$\zeta_{MT-Est}(i + jT_{DK}) = \zeta_{MT-Est}(i-T_{Tr} + jT_{DK}) + \nu_{Est}T_{Tr} \quad (6)$$

Như vậy, ở mọi nhịp điều khiển, mặc dù chưa có kết quả xử lý ảnh, tọa độ của mục tiêu luôn được xác định theo (6), do đó, luôn có đầy đủ thông tin để điều khiển đài quan sát theo thời gian thực. Trong quá trình quá độ bộ lọc, bản thân các giá trị $\zeta_{MT-Est}(i-T_{Tr} + jT_{DK})$, ν_{Est} chưa theo kịp các giá trị thực, dẫn đến kết quả tính toán theo (6) có sai khác với giá trị thực, để xử lý vấn đề này, tác giả đề xuất bước hiệu chỉnh $1/n$ nhằm tăng tốc độ bám sát giữa tọa độ mục tiêu ước lượng và tọa độ mục tiêu thực như sau:

Thứ nhất, khi có dữ liệu xử lý ảnh, tiến hành so sánh tính toán sai lệch giữa giá trị ước lượng và giá trị thực:

$$\Delta\zeta_{Est} = \zeta_{MT}(i-T_{Tr}) - \zeta_{MT-Est}(i-T_A - T_{Tr} + njT_{DK})$$

Trong đó $\zeta_{MT-Est}(i-T_A - T_{Tr} + njT_{DK})$ được tính toán theo (5).

Thứ hai, phân bố đều lượng sai lệch cho các chu kỳ điều khiển:

$$\zeta_{MT-Est-HC}(i-T_{Tr} + (j+1)T_{DK}) = \zeta_{MT-Est}(i-T_{Tr} + (j+1)T_{DK}) + 1/n * \Delta\zeta_{Est} \quad (7)$$

Giá trị $\zeta_{MT-Est-HC}(i-T_{Tr} + (j+1)T_{DK})$ được đưa vào đầu vào bộ lọc cho chu kỳ tính toán sau.

3. TÍNH TOÁN TỌA ĐỘ MỤC TIÊU SỬ DỤNG BỘ LỌC KALMAN

Tóm tắt bộ lọc Kalman bậc 2:

	Phương trình	Ghi chú
State Update (Corection)	$K = p_{n,n-1} / (p_{n,n-1} + r_n)$	$p_{n,n-1}$ là giá trị $p_{n+1,n}$ của chu kỳ T - 1.
	$x_{n,n} = x_{n,n-1} + K(z_n - x_{n,n-1})$	$x_{n,n-1}$ là giá trị $x_{n+1,n}$ của chu kỳ T - 1.
	$p_{n,n} = (1 - K)p_{n,n-1}$	

Bậc 1: State Predict (Extraopolate)	$x_{n+1,n} = x_{n,n}$ (bậc 1: giá trị đo lường coi là hằng số)	
	$p_{n+1,n} = p_{n,n} + q^*/ x_{n,n} - x_{n,n-1} $ (bậc 1: giá trị đo lường coi là hằng số)	
Bậc 2: State Predict (Extraopolate)	$x_{n+1,n} = x_{n,n} + \Delta t * v_{n,n}$ (1) $v_{n+1,n} = v_{n,n}$ (2) (bậc 2: tốc độ biến thiên đại lượng đo lường coi là hằng số)	$v = \Delta x / \Delta t_v$: vận tốc của x, có thể đo, hoặc tính (chú ý phương sai) (1): Δt là chu kỳ tính x (2): $v_{n,n}$ có thể tính theo mô hình động học hằng bậc 1 hoặc bậc 2 (gia tốc không đổi).
	$p^x_{n+1,n} = p^x_{n,n} + \Delta t^2 * p^v_{n,n} + q_x^* x_{n,n} - x_{n,n-1} $ (3) $p^v_{n+1,n} = p^v_{n,n} + q_v^* v_{n,n} - v_{n,n-1} $ (4) (bậc 2: tốc độ biến thiên đại lượng đo lường coi là hằng số)	(3): Δt là chu kỳ tính x (4): p^v tính theo mô hình bậc 1 (không đổi) hoặc bậc 2 (từ gia tốc).

Mô hình ước lượng:

Mô hình vận tốc: $v =$ hằng số.

Mô hình tọa độ: $x_{n+1} = x_n + v * t.S$

Sai lệch mô hình: q_v, q_x là cải tiến trong bộ lọc của tác giả Denysene, 2011.

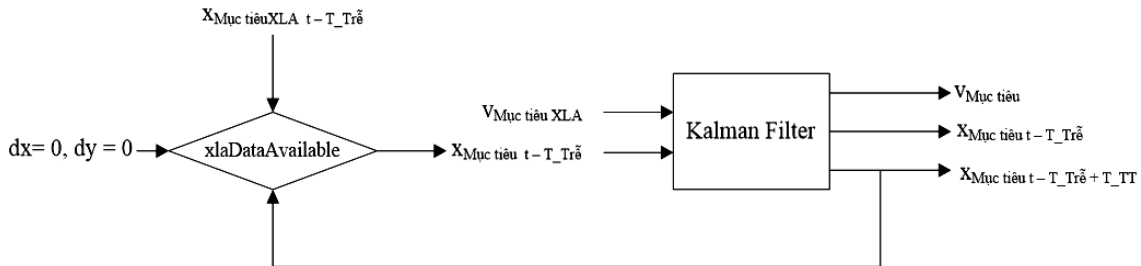
Phương sai đo lường:

Phương sai đo lường tọa độ góc: r_x là sai số đo góc đài quan sát, sai số điểm ảnh.

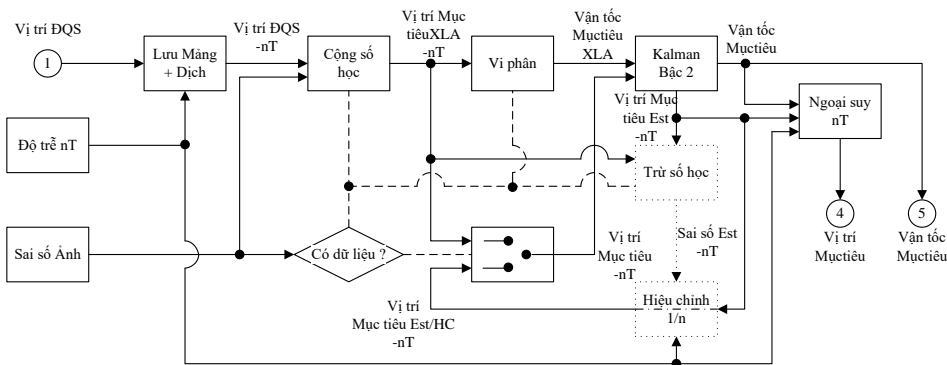
Phương sai vận tốc góc: do vận tốc được tính toán từ phép vi phân tọa độ $r_v = r_x * (1/T_A)^2$.

Chu kỳ tính toán: $\Delta t = T_{DK}$.

Hình 1 minh họa hoạt động bộ lọc Kalman:

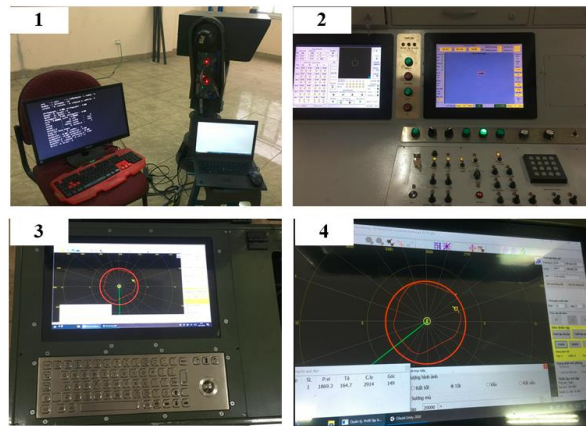


Hình 1. Dữ liệu vào/ra bộ lọc Kalman tính toán tọa độ mục tiêu.



Hình 2. Lưu đồ thuật toán tính toán tọa độ mục tiêu.

4. TÍNH TOÁN THỬ NGHIỆM



Hình 3. Hệ thống thử nghiệm:

1 – ĐQS và máy tính thu thập tín hiệu; 2 – Bàn điều khiển Trung tâm;
3,4 – Khối tạo mục tiêu.

Ước lượng độ trễ hệ thống

Trong hệ thống thử nghiệm, sử dụng camera ngày và camera đêm, tần số xuất ảnh 30 fts (khoảng 40 ms), chu kỳ tính toán hệ thống $T_{DK} = 10$ ms:

$$T_{Tr} = T_{capture} + T_{Output} + T_{DK} = nT_{DK} + 4T_{DK} + T_{DK}$$

Trong thực tế, với mỗi hệ camera sử dụng (ngày/đêm) cần phải ước lượng giá trị n tương ứng, phương pháp ước lượng gần đúng giá trị n như sau:

$$\text{Xuất phát từ (1): } \xi_{MT} = \xi_D + \xi_{XLA}$$

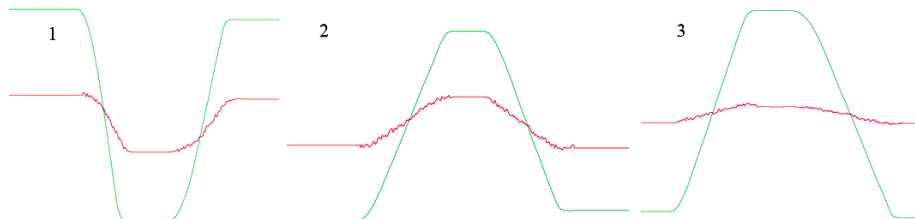
Sử dụng một mục tiêu cố định, bỏ qua vấn đề sai lệch về trường nhìn (FOV – Field Of View) của camera (giá trị dx ở các giá trị FOV khác nhau thường không đồng nhất), do mục tiêu cố định nên: $\xi_{MT} = \xi_D + \xi_{XLA} = \text{const}$.

Trường hợp khi độ trễ được ước lượng phù hợp, giá trị tính toán mục tiêu là hằng số (hoặc biến thiên tuyến tính – do ảnh hưởng trường nhìn), khi giá trị tính toán mục tiêu không phải là hằng số (hoặc không có dạng tuyến tính), cần tăng/ giảm độ trễ ước lượng để có giá trị phù hợp.

Trường nhìn camera (FOV)

Đối với camera đêm: có 6 giá trị FOV, việc tính toán hệ số tỉ lệ từ điểm ảnh trên màn hình đến các giá trị dx, dy (ký hiệu là P2D) tương đối chính xác, do đó, kết quả tính toán các giá trị dx, dy chính xác ngay cả khi vị trí mục tiêu không ở tâm màn hình ($dx, y = 0$).

Đối với camera ngày: do các giá trị FOV biến thiên liên tục từ 0 đến 100, hệ số P2D không biến thiên tuyến tính, dẫn đến việc tính toán giá trị dx, dy và vị trí mục tiêu bị sai lệch khi vị trí mục tiêu ở xa tâm màn hình.



Hình 4. Ước lượng độ trễ camera:

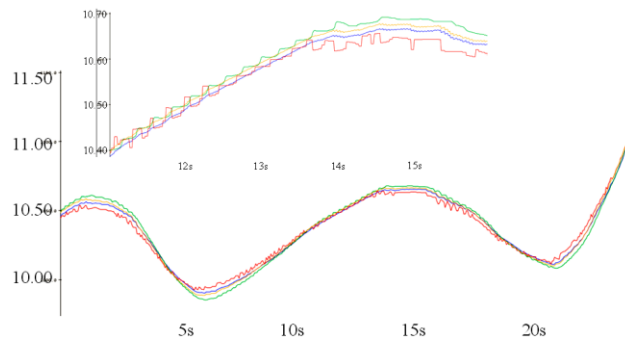
1 – Cam ngày, $n = 15$; 2 – Cam ngày, $n = 1$; 3 – Cam đêm, $n = 9$.

Các kết quả tính toán vị trí mục tiêu

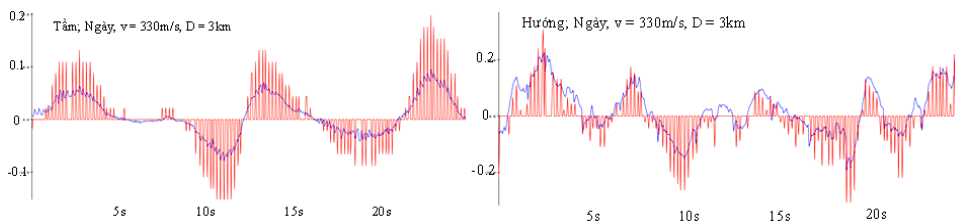
Thực hiện bài bay mô phỏng với mục tiêu có quỹ đạo gần tròn, cự ly trong khoảng 2500 – 3000 m, vận tốc mục tiêu ở 2 trường hợp 200 m/s và 330 m/s. Hình 5 thể hiện kết quả tính toán đối với kênh tâm, do phạm vi biến thiên nhỏ nên việc thể hiện sai số quan sát dễ hơn so với trường hợp kênh hướng – là dạng đường chéo. Hình 6 và 7 thể hiện sai lệch điều khiển bám và sai lệch vị trí tâm ảnh và tâm camera của kênh tâm và hướng.

Trong hình 5 gồm 4 giá trị: 1. vị trí mục tiêu tính toán theo vị trí đài quan sát và sai lệch ảnh, thể hiện giá trị $\xi_{D-t-T_{Tr}} + \xi_{XLA}$, 2. Kết quả tính toán đầu ra của bộ lọc Kalman, thể hiện giá trị $\xi_{MT-t-T_{Tr}}$, 3. Kết quả ngoại suy vị trí mục tiêu, thể hiện giá trị $\xi_{MT-t+T_{DK}}$, và 4. Vị trí đài quan sát (camera), ξ_{D-t} . Trong phần hình nhỏ thời gian mô phỏng từ 14 s đến 15 s thứ tự các đường 1, 2, 3, 4 là từ dưới lên phía trên. Các giá trị ở trục tung thể hiện giá trị góc tâm, có đơn vị là độ.

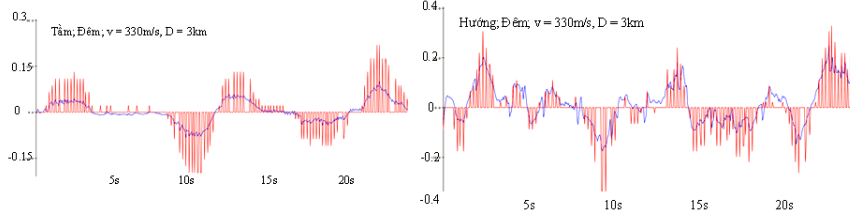
Trong các hình 6, 7: đường nét liền thể hiện sai lệch điều khiển giữa vị trí mục tiêu tính toán, chính là giá trị đặt cho đài quan sát và vị trí thực của đài quan sát, đường dạng xung nhọn thể hiện sai lệch vị trí giữa mục tiêu thực và vị trí thực của đài quan sát. Như vậy, sai lệch giữa giá trị mục tiêu tính toán và vị trí mục tiêu thực chính là độ rộng giữa 2 đường. Kết quả sai lệch vị trí mục tiêu thực và vị trí thực của đài thể hiện tổng thể về chất lượng hệ thống bám bắt bao gồm tính toán vị trí mục tiêu và điều khiển của hệ thống.



Hình 5. Kết quả tính toán vị trí mục tiêu kênh tâm (hình nhỏ trên, từ dưới lên trên):
Đỏ - $\xi_{D-t-T_{Tr}} + \xi_{XLA}$, Lam - $\xi_{MT-t-T_{Tr}}$, Cam - $\xi_{MT-t+T_{DK}}$, Lục - ξ_{D-t} .



Hình 6. Sai lệch điều khiển (nét liền) và độ lệch vị trí mục tiêu (xung nhọn) kênh tâm và hướng khi sử dụng camera ngày, vận tốc mục tiêu 330 m/s, khoảng cách mục tiêu 3 km.



Hình 7. Sai lệch điều khiển (nét liền) và độ lệch vị trí mục tiêu (xung nhọn) kênh tâm và hướng khi sử dụng camera đêm, vận tốc mục tiêu 330 m/s, khoảng cách mục tiêu 3 km.

Kết quả thử nghiệm cho thấy vị trí mục tiêu tính toán trực tiếp từ sai lệch ảnh và vị trí đài quan sát (nằm dưới ở hình nhỏ phía trên, hình 4) có dạng bậc thang, không trơn, sau khi được đưa qua bộ lọc (đường nằm ngay phía trên ở đoạn nằm ngang) đã trơn hơn và sai lệch trong phạm vi 1 ly giác (0.06 độ). Hai đường kế tiếp nằm trên lần lượt là các giá trị ngoại suy tương ứng với giá trị tức thời của mục tiêu và vị trí hiện tại của đài quan sát. Sai lệch vị trí mục tiêu thực và đài quan sát chính là độ lệch vị trí mục tiêu (dạng xung nhọn, do chu kỳ cập nhật ảnh không liên tục), đây là kết quả của sai lệch tính toán vị trí mục tiêu và sai lệch điều khiển vị trí đài quan sát (đường nét liền). Trong điều kiện thử nghiệm khi mục tiêu chuyển động dạng cung tròn vận tốc 330 m/s ở khoảng cách $D < 3$ km, độ lệch vị trí mục tiêu nằm trong khoảng ± 5 ly giác (0.3 độ góc).

5. KẾT LUẬN

Bằng việc đồng bộ các thời gian của chu kỳ ảnh với nhịp điều khiển, việc xác định giá trị chính xác của tọa độ góc mục tiêu trong quá khứ được thực hiện. Kết hợp với chuỗi số liệu trong quá khứ, bộ lọc Kalman cho phép ngoại suy tọa độ góc của mục tiêu trong hai nhịp thời gian của chu kỳ ảnh, từ đó xác định được sai số bám sát mục tiêu giữa các chu kỳ ảnh, làm cho hệ thống điều khiển có thông tin đầy đủ và chính xác hơn để bám sát mục tiêu phục vụ bài toán tính toán phần tử bắn và điều khiển hỏa lực. Các kết quả này có thể tích hợp vào hệ thống điều khiển đài quan sát của các trận địa PPK đánh ngày và đêm theo phương pháp bán tự động cũng như tự động hiện đang được trang bị rộng rãi trong lực lượng phòng không tầm thấp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. <https://www.elprocus.com>.
- [2]. A.Chakraborty, “Image processing and image pattern recognition a programing tutorial”, First international conference on artificial intelligêc for industries, (2018).
- [3]. Viện Tự động hóa Kỹ thuật quân sự, “Tài liệu thiết kế đại đội PPK 37mm-2N đánh ngày và đêm”, (2016).
- [4]. K. Fronckora, A. Slaby “Kalman Filter Employment in Image Processing”, Springer link, (2020).

ABSTRACT

Real-time target coordinate extrapolation in image processing

The article addresses the issues of co-timing and problem solving in the image processing of automatic and focus calculation systems. By simultaneously searching the sample server control and the sample processing image acquisition time, the exact angle of the target is precisely determined during the sampling cycle during deodorization, so that the reserve angle is normally Its indication is determined in the current of the control cycle. To improve forecast quality, Kalman filter is used. The results of the paper have been rigorously proven and tested on a semi-natural simulation system.

Keywords: Image processing; Delay; Grip control; Kalman filter.