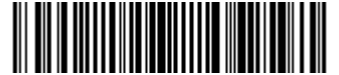




(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ**

(11)



2-0002624

(51) **G01S 13/00; G01S 7/00**
2020.01

(13) **Y**

(21) 2-2020-00387

(22) 27/11/2017

(67) 1-2017-04749

(45) 25/05/2021 398

(43) 25/01/2019 370A

(73) **TẬP ĐOÀN VIỄN THÔNG QUÂN ĐỘI (VN)**

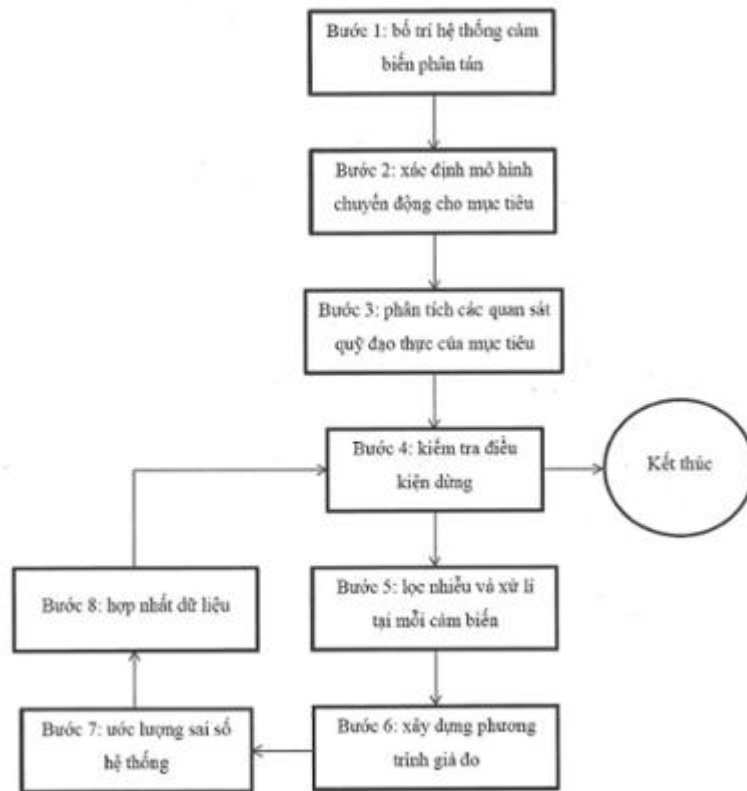
Số 1 đường Trần Hữu Dực, phường Mỹ Đình 2, quận Nam Từ Liêm, thành phố Hà Nội

(72) **PHẠM CÔNG DÂN (VN).**

(74) Công ty TNHH Tư vấn Quốc Dân (NACI CO., LTD)

(54) **PHƯƠNG PHÁP LOẠI BỎ SAI SỐ HỆ THỐNG VÀ HỢP NHẤT DỮ LIỆU CHO HỆ
THỐNG RA ĐA BA CHIỀU PHÂN TÁN**

(57) Phương pháp loại bỏ sai số hệ thống và hợp nhất dữ liệu cho hệ thống ra đa 3D (ba chiều) phân tán nhằm giúp khử sai số từ các quỹ đạo bám sát địa phương ở các cảm biến riêng biệt và kết hợp chúng lại áp dụng cho hệ thống cảm biến phân tán, giúp việc bám sát mục tiêu với độ chính xác cao. Phương pháp bao gồm các bước, bước 1: bố trí hệ thống cảm biến phân tán; bước 2: xác định mô hình chuyển động cho mục tiêu; bước 3: phân tích các quan sát quỹ đạo thực của mục tiêu; bước 4: kiểm tra điều kiện dừng; bước 5: lọc nhiễu và xử lý tại mỗi cảm biến; bước 6: xây dựng phương trình giả đo; bước 7: ước lượng sai số hệ thống; bước 8: hợp nhất dữ liệu.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích đề cập đến phương pháp loại bỏ sai số hệ thống và hợp nhất dữ liệu từ nhiều nguồn ra đa 3D phân tán. Cụ thể, phương pháp loại bỏ sai số hệ thống và hợp nhất dữ liệu trong giải pháp hữu ích sử dụng phương pháp thiết lập phương trình giả đo và tính toán ma trận Jacobi ba chiều cũng như sử dụng lọc Kalman mở rộng.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Hiện nay, chưa có phương pháp nào được đề xuất để loại bỏ sai số hệ thống trong việc ghi dữ liệu từ cảm biến ra đa mà chỉ có phương pháp lọc nhiễu dữ liệu từ phép đo của cảm biến. Sai số nhiễu này thường có phân bố Gau-xơ và khác hoàn toàn với sai số hệ thống. Sai số hệ thống thường gần như là hằng số đặc trưng cho độ chính xác hay hạn chế của ra đa làm chệch số liệu đo lường mục tiêu và dẫn đến những đường bám sát ma (ghost track) và làm cho sai số trong việc bám mục tiêu lớn khi hợp nhất.

Một số giải pháp kỹ thuật đã có trong nước về xử lý loại bỏ sai số liên quan đến lĩnh vực mã hóa khác hoàn toàn với xử lý sai số của cảm biến trong lĩnh vực xử lý dữ liệu của hệ thống cảm biến phân tán. Về vấn đề hợp nhất, có giải pháp kỹ thuật đề cập về hợp nhất tham số trong mã hóa âm thanh cũng là lĩnh vực khác biệt với hợp nhất dữ liệu ra đa 3D (ba chiều) phân tán.

Một số giải pháp kỹ thuật trên thế giới về hợp nhất dữ liệu mà chính xác hơn là gom dữ liệu và chống phân mảnh cũng như thống nhất đầu ra cho dữ liệu từ các nguồn phân tán. Đây là vấn đề liên quan đến việc xử lý dữ liệu từ các công ty truyền thông đa quốc gia, liên quan đến dữ liệu khách hàng ...với khối lượng lớn được truyền về không đồng bộ từ các công ty con..., và cũng nảy sinh vấn đề phân mảnh dữ liệu và khó khăn trong truy cập. Những giải pháp kỹ thuật này đề cập đến vấn đề hợp nhất khác hoàn toàn khung cảnh trong giải pháp hữu ích về dữ liệu từ ra đa 3D (ba chiều) phân tán, cũng như vấn đề loại bỏ sai số hệ thống. Ngoài ra các phương

pháp lọc nhiễu và loại bỏ sai số dữ liệu chủ yếu thực hiện cho ra đa 2D (hai chiều) mà chưa phát triển lên các ra đa 3D (ba chiều).

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục đích của giải pháp hữu ích là loại bỏ sai số hệ thống và hợp nhất các nguồn dữ liệu từ nhiều ra đa giúp định vị và bám sát chính xác mục tiêu, tích hợp vào hệ thống cảnh giới bầu trời cũng như trợ giúp cho việc tiêu diệt mục tiêu đạt hiệu quả hơn. Ngoài việc áp dụng phương pháp vào hệ thống ra đa cảnh giới vùng trời, phương pháp còn áp dụng vào nhiều hệ thống cảm biến trên biển hoặc các hệ thống dân sự khác.

Phương pháp loại bỏ sai số hệ thống và hợp nhất dữ liệu cho hệ thống ra đa 3D (ba chiều) phân tán nhằm giúp khử sai số từ các quỹ đạo bám sát địa phương ở các cảm biến riêng biệt xa nhau và kết hợp chúng lại áp dụng cho hệ thống cảm biến phân tán.

Trong giải pháp hữu ích này, phương pháp loại bỏ sai số hệ thống và hợp nhất dữ liệu cho hệ thống ra đa 3D (ba chiều) phân tán sử dụng cả ba yếu tố gồm sai số của phạm vi, góc phương vị và góc nâng. Các sai số này là các hằng số chưa được biết, mỗi bộ ba sai số đặc trưng cho mỗi ra đa. Tại mỗi cảm biến ứng với mô hình đo lường mà sai số được lờ đi, dữ liệu thu được về mục tiêu sẽ bao hàm trong nó sai số hệ thống. Các quỹ đạo bám sát với sai số này sẽ được gửi về trung tâm hợp nhất để xử lý sai số và kết hợp thành quỹ đạo chính xác.

Để đạt được mục đích trên, phương pháp loại bỏ sai số hệ thống và hợp nhất dữ liệu cho hệ thống ra đa 3D (ba chiều) phân tán gồm các bước sau. Cụ thể, bước 1: bố trí hệ thống cảm biến phân tán; bước 2: xác định mô hình chuyển động cho mục tiêu; bước 3: phân tích các quan sát quỹ đạo thực của mục tiêu; bước 4: kiểm tra điều kiện dừng; bước 5: lọc nhiễu và xử lý tại mỗi cảm biến; bước 6: xây dựng phương trình giả đo; bước 7: ước lượng sai số hệ thống; bước 8: hợp nhất dữ liệu.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là hình vẽ mô tả các bước và tuần tự của các bước trong phương pháp loại bỏ sai số và hợp nhất dữ liệu cho hệ thống ra đa 3D (ba chiều) phân tán;

Hình 2 là hình vẽ mô tả hệ thống cảm biến phân tán gồm các ra đa 3D (ba chiều) đặt ở các vị trí cách xa nhau cùng bất mục tiêu có thể là mục tiêu máy bay hoặc tàu thuyền;

Hình 3 là sơ đồ khối của hệ thống chính xác hóa và hợp nhất dữ liệu.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Phương pháp loại bỏ sai số hệ thống và hợp nhất dữ liệu cho hệ thống ra đa 3D (ba chiều) phân tán dùng lọc Kalman suy rộng trong việc thu được bám sát quỹ đạo mục tiêu và dùng phương trình giả đo kết hợp tính toán ma trận Jacobi ba chiều để loại bỏ sai số và hợp nhất. Các bước và trình tự thực hiện các bước của phương pháp này được mô tả trong Hình 1. Chi tiết các tính toán của từng bước trong phương pháp này sẽ được mô tả cụ thể dưới đây:

- Bước 1: bố trí hệ thống cảm biến phân tán.

Trong hệ thống cảm biến phân tán, có N ra đa được bố trí cách xa nhau để cùng bắt một mục tiêu T nào đó với các trạm xử lý ở ra đa và một trạm xử lý trung tâm nhằm thu nhận dữ liệu và xử lý từ các trạm ra đa. Với hệ thống cảnh giới vùng trời, để phục vụ mục đích cảnh giới một khu vực, hệ thống ra đa phải đảm bảo vị trí để phạm vi ra đa phủ khu vực đó, tầm xa các loại ra đa thường từ 100 đến 600km, như VERA có tầm xa 650km. Ngoài ra hai ra đa cũng có khoảng cách tối thiểu tùy theo loại ra đa từ một vài km trở lên đảm bảo hệ thống không bị ảnh hưởng nhiễu lẫn nhau. Mỗi khí tài có trạm xử lý địa phương tại khí tài và truyền dữ liệu về trạm xử lý trung tâm. Trạm xử lý trung tâm là trạm chỉ huy và đặt ở vị trí thích hợp và đảm bảo kết nối tốt với các khí tài để nhận dữ liệu về và xử lý. Khi ta áp dụng phương pháp vào các hệ thống cảm biến dân sự khác thì chỉ cần các cảm biến có phạm vi theo dõi phủ vùng quan sát và khoảng cách tối thiểu giữa hai cảm biến đôi khi rất bé. Trong hệ thống ra đa, mục tiêu ở đây có thể là các máy bay, tên lửa, tàu thủy,...các mục tiêu sẽ được xem xét như là mục tiêu điểm.

Mỗi ra đa thứ n có tọa độ vị trí là $X_o^n = (x_o^n \ y_o^n \ z_o^n)^T$ với hướng của ra đa đặc trưng bởi góc chỉ phương và góc nâng $(\alpha^n \ \beta^n)^T$. Với sự tồn tại của sai số hệ thống và nhiễu ngẫu nhiên, đo lường gốc của mỗi cảm biến được mô hình như sau

$$r_k^n = \bar{r}_k^n + \Delta r^n + \vartheta_{k,r}^n$$

$$\theta_k^n = \bar{\theta}_k^n + \Delta\theta^n + \vartheta_{k,\theta}^n$$

$$\varphi_k^n = \bar{\varphi}_k^n + \Delta\varphi^n + \vartheta_{k,\varphi}^n$$

ở đây $[\bar{r}_k^n \ \bar{\theta}_k^n \ \bar{\varphi}_k^n]^T$ là trạng thái thực trong tọa độ cực của mục tiêu quan sát, gồm phạm vi, góc phương vị và góc nâng; $b^n = [\Delta r^n \ \Delta\theta^n \ \Delta\varphi^n]^T$ là sai số của cảm biến thứ n . Nhiễu đo lường ngẫu nhiên $V_k^n = [\vartheta_{k,r}^n \ \vartheta_{k,\theta}^n \ \vartheta_{k,\varphi}^n]^T$ được mô hình như là các nhiễu trắng Gau-xơ độc lập theo phạm vi, góc phương vị và góc nâng với trung bình không và phương sai tương ứng $(\sigma)^2$.

Mục tiêu T được bắt bởi hai cảm biến $N = 2$. Việc ước lượng sai số chỉ cần kết hợp hai cảm biến là đủ, với nhiều hơn hai cảm biến ta kết hợp chúng theo từng cặp. Một số kí hiệu được sử dụng:

$\bar{X}_k^n = [\bar{x}_k^n \ \bar{v}_{x,k}^n \ \bar{y}_k^n \ \bar{v}_{y,k}^n \ \bar{z}_k^n \ \bar{v}_{z,k}^n]^T$: trạng thái thực của mục tiêu trong hệ tọa độ Đề-các địa phương (HTĐĐ).

$\check{X}_k^n = [\check{x}_k^n \ \check{v}_{x,k}^n \ \check{y}_k^n \ \check{v}_{y,k}^n \ \check{z}_k^n \ \check{v}_{z,k}^n]^T$: trạng thái thực trong hệ tọa độ Đề-các toàn cục (HTĐT). $X_k^n = [x_k^n \ v_{x,k}^n \ y_k^n \ v_{y,k}^n \ z_k^n \ v_{z,k}^n]^T$: độ đo tương đương trong hệ tọa độ Đề-các địa phương HTĐĐ.

$\check{X}_k^n = [\check{x}_k^n \ \check{v}_{x,k}^n \ \check{y}_k^n \ \check{v}_{y,k}^n \ \check{z}_k^n \ \check{v}_{z,k}^n]^T$: độ đo tương đương trong hệ tọa độ Đề-các toàn cục HTĐT.

$\hat{X}_k^n = [\hat{x}_k^n \ \hat{v}_{x,k}^n \ \hat{y}_k^n \ \hat{v}_{y,k}^n \ \hat{z}_k^n \ \hat{v}_{z,k}^n]^T$: trạng thái ước lượng trong hệ tọa độ Đề-các toàn cục HTĐT.

Phép biến đổi từ độ đo tương đương trong hệ tọa độ Đề-các địa phương HTĐĐ sang hệ tọa độ Đề-các toàn cục HTĐT như sau:

$$\check{X}_k^n = R_{\alpha^n \beta^n} X_k^n + X_0^n$$

Trong đó $R_{\alpha^n \beta^n}$ là ma trận chuyển tọa độ.

- Bước 2: xác định mô hình chuyển động cho mục tiêu.

Ở các trạm xử lí địa phương tại ra đa và tại trạm xử lí trung tâm, để thực hiện phương pháp loại bỏ sai số và hợp nhất, cần áp vào một mô hình chuyển động để mô tả chính xác và phù hợp cho hệ thống ra đa. Chuyển động của mục tiêu là liên tục nhưng ứng với đặc trưng cập nhật rời rạc của ra đa cần một mô hình rời rạc.

Việc xác định mô hình chuyển động cho mục tiêu để mô tả chính xác chuyển động và trợ giúp cho việc xử lý dữ liệu từ hệ thống. Chuyển động của mục tiêu được mô hình hóa bằng phương pháp hệ động lực rời rạc, với thời gian giữa hai thời điểm tương ứng với thời gian cập nhật T của ra đa, thường là $T=10s$. Mô hình như sau:

$$X_k = FX_{k-1} + GW_{k-1}.$$

Ở đây X_k là véc tơ trạng thái của chuyển động ở thời điểm k , F là ma trận chuyển trạng thái và G là ma trận tăng quá trình nhiễu. Quá trình nhiễu W_k là nhiễu trắng tức là quá trình Gau-xơ độc lập, trung bình không và ma trận hiệp phương sai Q .

Mô hình trên phản ánh chính xác chuyển động của mục tiêu có gia tốc và không quá phức tạp như khi mục tiêu không bay lượn vòng đột ngột. Trong trường hợp mục tiêu bay phức tạp thì hệ thống cần cập nhật nhanh hơn tức là tăng tần số cập nhật của ra đa ứng với thời gian cập nhật T nhỏ xuống, có thể đến 1s.

- Bước 3: phân tích các quan sát quỹ đạo thực của mục tiêu.

Ra đa bắt tín hiệu từ mục tiêu trả về dữ liệu số hóa, thông tin dữ liệu có thể là vị trí, vận tốc, gia tốc,.... Mục tiêu có vị trí trong tọa độ Đề-các, trong khi ra đa sẽ trả ra kết quả trong tọa độ cực. Kết quả trả ra tuân theo một mô hình chuyển đổi tọa độ và bao gồm sai số hệ thống cùng với nhiễu đo lường.

Trong bước này một mô hình đo lường được xây dựng cho mỗi trạm xử lý ở ra đa để xử lý tín hiệu quan sát và thu thập dữ liệu từ mục tiêu bởi các cảm biến. Mô hình đo lường của ra đa thứ n như sau:

$$Z_k^n = h(X_k) + b^n + V_k^n$$

Điểm dữ liệu gồm ba thành phần là phạm vi, góc phương vị và góc nâng.

$$Z_k^n = [r_k^n \ \theta_k^n \ \varphi_k^n]^T$$

Sai số hệ thống của ra đa thứ n là b^n là đại lượng chưa biết cần được ước lượng và loại bỏ, nhiễu đo lường V_k^n có phân bố Gau-xơ trung bình không và ma trận hiệp phương sai R^n .

Mô hình đo lường giúp phân tích chính xác và biểu diễn được dữ liệu ra đa thành ba thành phần chính là nhiễu, sai số hệ thống và phần cố định là một hàm của

vị trí mục tiêu. Hàm này là hàm biến đổi từ tọa độ Đề-các sang tọa độ cực vì đặc trưng của ra đa trả ra kết quả là tọa độ cực.

Hàm đo lường h có dạng $h(x) = [h^1(x) \ h^2(x) \dots \ h^N(x)]^T$ với N là số ra đa trong hệ thống.

- Bước 4: kiểm tra điều kiện dừng.

Khi tín hiệu từ mục tiêu trả về ra đa kết thúc, tức là mục tiêu vượt ra khỏi tầm xa của ra đa hoặc tín hiệu từ mục tiêu bị tắt thì dừng thực hiện quá trình.

- Bước 5: lọc nhiễu và xử lý tại mỗi cảm biến.

Mô hình quan sát địa phương này sẽ lờ đi sai số hệ thống, nghĩa là mô hình quan sát sử dụng lọc Kalman suy rộng để thu được các quỹ đạo bám sát địa phương với nhiễu được lọc nhưng vẫn bao hàm trong đó sai số hệ thống (độ chệch) và việc loại bỏ sai số này sẽ được xử lý ở trung tâm hợp nhất.

- Bước 6: xây dựng phương trình giả đo.

Việc chuyển đổi từ trạng thái thực trong hệ tọa độ Đề-các địa phương HTĐĐ sang độ đo tương đương trong hệ tọa độ Đề-các địa phương HTĐĐ như sau:

$$\check{X}_k^n = f_n(\check{\check{X}}_k^n, b^n).$$

Nguyên lý: bất kì một ước lượng địa phương nào trong hệ tọa độ Đề-các toàn cục HTĐT cũng có thể xấp xỉ bởi dạng tuyến tính sau:

$$\hat{X}_k^n = \check{\check{X}}_k^n + J_{b^n} [\Delta r^n \ \Delta \theta^n \ \Delta \varphi^n]^T + e_k^n.$$

Trong đó ma trận Jacobi được xác định bởi:

$$J_{b^n} = \frac{\partial f_n}{\partial b^n} |(\hat{X}_k^n, [0 \ 0 \ 0]^T).$$

Ma trận này có thể được xấp xỉ bởi ma trận J đơn giản hơn và giảm được thời gian chạy thuật toán. Từ đó ta được nguyên lý giả đo:

$$\hat{X}_k^2 - \hat{X}_k^1 = [J_{b^2} \ -J_{b^1}]b + (e_k^2 - e_k^1).$$

- Bước 7: ước lượng sai số hệ thống.

Dựa trên phương trình giả đo, khi sai số cảm biến được mô hình như những hằng số chưa biết, chúng ta thu được ước lượng của sai số bởi phương pháp hồi qui

bình phương tối thiểu. Cho ước lượng ban đầu mặc định $\{\hat{b}_0, P_{b,0}\}$ với $\hat{b}_0 = 0$ và $P_{b,0}$ khá lớn. Phương pháp hồi qui bình phương tối thiểu cho phép ước lượng giá trị tại thời điểm $k + 1$ khi biết kết quả ở thời điểm k .

- Bước 8: hợp nhất dữ liệu.

Sau khi có được ước lượng sai số, ta trừ đi sai số từ các quỹ đạo bám sát địa phương để thu được dữ liệu không còn chứa đựng sai số hệ thống:

$$\hat{Y}_k^n = \hat{X}_k^n - J_{b^n} [\Delta r^n \Delta \theta^n \Delta \varphi^n]^T.$$

Và thu được phương trình đo lường chính xác:

$$\hat{Y}_k^n = \check{X}_k^n + e_k^n.$$

Tiếp theo dùng nguyên lý hợp nhất để có được quỹ đạo bám sát chính xác không còn sai số cảm biến.

Giải pháp hữu ích được mô tả chi tiết bằng cách sử dụng các phương án được mô tả ở trên. Tuy nhiên, rõ ràng là đối với người hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này cũng không bị giới hạn ở phương án được mô tả trong phần mô tả chi tiết giải pháp hữu ích. Giải pháp hữu ích có thể được thực hiện ở chế độ cải biến hoặc thay đổi mà không nằm ngoài phạm vi giải pháp hữu ích được xác định bởi các điểm yêu cầu bảo hộ. Vì vậy những gì được mô tả trong phần mô tả giải pháp hữu ích chỉ nhằm mục đích minh họa, và sẽ không áp đặt bất kỳ giới hạn nào đối với giải pháp hữu ích.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp loại bỏ sai số hệ thống và hợp nhất dữ liệu cho hệ thống ra đa 3D (ba chiều) phân tán bao gồm các bước:

bước 1: bố trí hệ thống cảm biến phân tán; bước này có nhiệm vụ bố trí các cảm biến tại các vị trí thích hợp để dễ dàng bắt được các tín hiệu của mục tiêu;

bước 2: xác định mô hình chuyển động cho mục tiêu; bước này có nhiệm vụ đưa ra một mô hình chuyển động dự kiến của mục tiêu dựa vào hướng di chuyển, tốc độ và gia tốc di chuyển của mục tiêu;

bước 3: phân tích các quan sát quỹ đạo thực của mục tiêu; bước này có nhiệm vụ phân tích quỹ đạo di chuyển thực tế của mục tiêu và quỹ đạo di chuyển dự kiến có được từ bước hai, từ đó đưa ra các nhận định về sai số hệ thống;

bước 4: kiểm tra điều kiện dừng; bước này có nhiệm vụ kiểm tra xem mục tiêu còn ở trong tầm bắt tín hiệu của ra đa không hoặc tín hiệu từ mục tiêu có bị tắt đi hay không;

bước 5: lọc nhiễu và xử lý tại mỗi cảm biến; bước này có nhiệm vụ xác định mức độ nhiễu và loại bỏ nhiễu ở mỗi cảm biến;

bước 6: xây dựng phương trình giả đo; nhiệm vụ của bước này là xây dựng một phương trình xác định được các sai số hệ thống;

bước 7: ước lượng sai số hệ thống; nhiệm vụ của bước này là ước lượng được độ lớn của sai số hệ thống;

bước 8: hợp nhất dữ liệu; nhiệm vụ của bước này là hợp nhất các dữ liệu từ các cảm biến sau khi đã loại bỏ sai số hệ thống.

2. Phương pháp loại bỏ sai số hệ thống và hợp nhất dữ liệu cho hệ thống ra đa 3D (ba chiều) phân tán theo điểm 1, trong đó:

tại bước 6, xây dựng nguyên lý giả đo, nguyên lý được sử dụng ở đây là: bất kỳ một ước lượng địa phương nào trong hệ tọa độ đề-các toàn cục ba chiều cũng có thể xấp xỉ bởi dạng tuyến tính sau:

$$\hat{X}_k^n = \tilde{X}_k^n + J_{b^n} [\Delta r^n \ \Delta \theta^n \ \Delta \varphi^n]^T + e_k^n$$

trong đó:

$\hat{X}_k^n$ là trạng thái ước lượng trong hệ tọa độ đề-các toàn cục;

$\check{X}_k^n$ là trạng thái thực trong hệ tọa độ đề-các toàn cục;

$[\Delta r^n \Delta \theta^n \Delta \varphi^n]^T$ là trạng thái của mục tiêu quan sát, gồm phạm vi, góc phương vị và góc nâng và e_k^n là sai số phép đo;

$J_{b^n}[\Delta r^n \Delta \theta^n \Delta \varphi^n]^T$ là ma trận jacobí và được xác định bởi:

$$J_{b^n} = \frac{\partial f_n}{\partial b^n} |(\hat{X}_k^n, [0 \ 0 \ 0]^T)$$

ma trận này có thể được xấp xỉ bởi ma trận J đơn giản hơn và giảm được thời gian chạy thuật toán, từ đó ta được phương trình giả đo:

$$\hat{X}_k^2 - \hat{X}_k^1 = [J_{b^2} \ -J_{b^1}]b + (e_k^2 - e_k^1).$$

3. Phương pháp loại bỏ sai số hệ thống và hợp nhất dữ liệu cho hệ thống ra đa 3D (ba chiều) phân tán theo điểm 1, trong đó:

tại bước 8: hợp nhất dữ liệu:

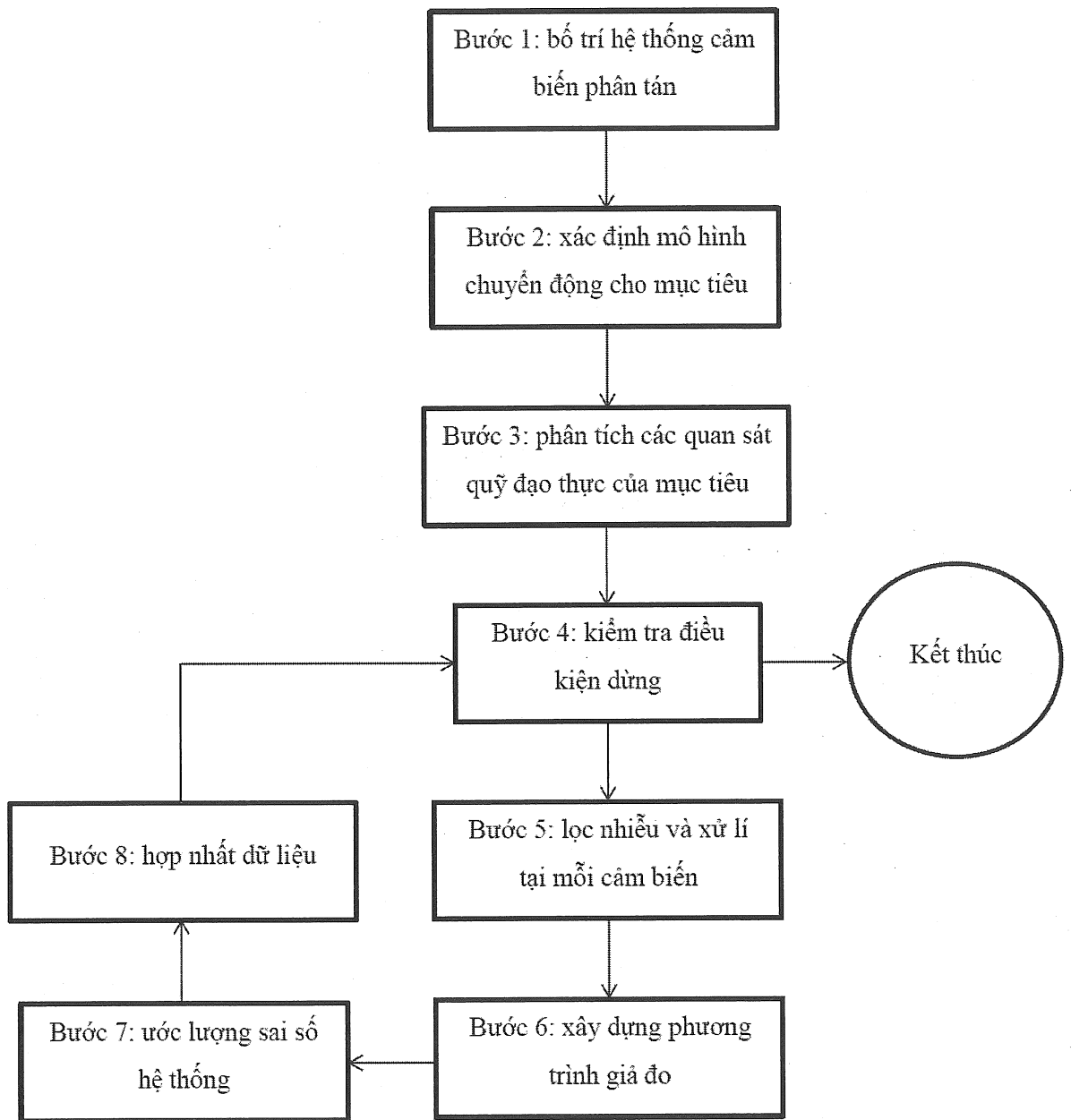
sau khi có được ước lượng sai số, ta trừ đi sai số từ các quỹ đạo bám sát địa phương để thu được dữ liệu không còn chứa đựng sai số hệ thống:

$$\hat{Y}_k^n = \hat{X}_k^n - J_{b^n}[\Delta r^n \Delta \theta^n \Delta \varphi^n]^T$$

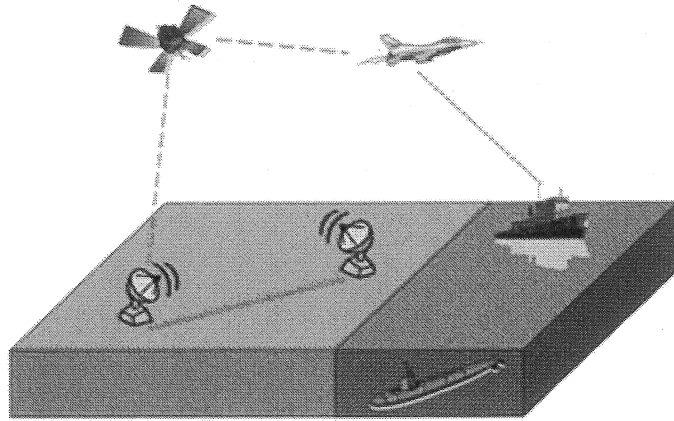
và thu được phương trình đo lường chính xác:

$$\hat{Y}_k^n = \check{X}_k^n + e_k^n$$

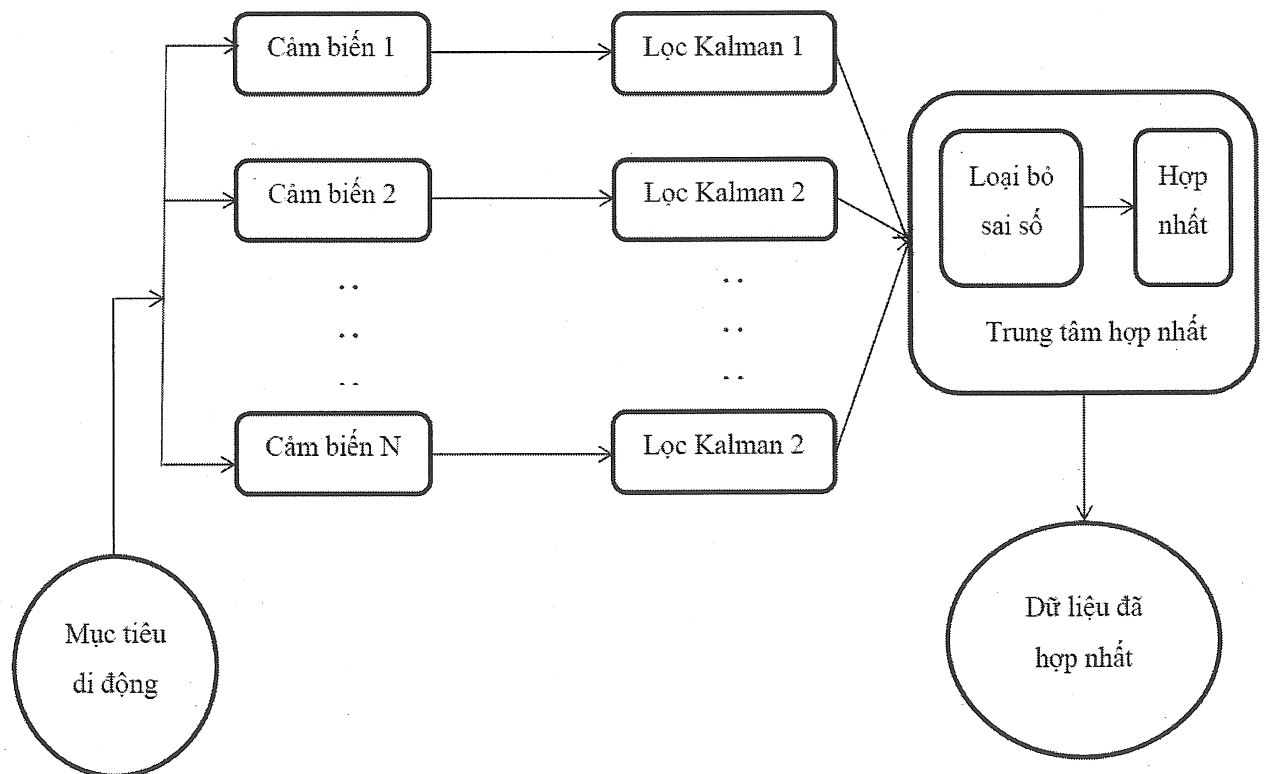
tiếp theo dùng nguyên lý hợp nhất để có được quỹ đạo bám sát chính xác không còn sai số cảm biến.



Hình 1



Hình 2



Hình 3