

УДК 621.391.26

Х.А. Турсунходжаєв, О.Ю. Лавров

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ПРИНЦИПИ СУПРОВОДЖЕННЯ ПОСТАНОВНИКІВ АКТИВНИХ ЗАВАД НА ОСНОВІ ДАНИХ ТРИАНГУЛЯЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ЛОКАЦІЇ

Розглядається алгоритм фільтрації для супроводження постановника активних завад за кутовими координатами в триангуляційній системі локації. Здійснюється його аналіз, для чого математично моделюється триангуляційна система, процес вимірювання пеленгатором кутових координат та робота пристрою фільтрації. Отримано, кількісні оцінки помилок визначення координат постановника активних завад.

Ключові слова: пасивна радіолокація, триангуляційний метод, фільтрація, показники якості.

Вступ

Постановка проблеми. Забезпечення військ своєчасною та достовірною інформацією про повітряного противника передбачає широке використання активних і пасивних методів локації. Серед відомих методів пасивної радіолокації найбільш кращим є триангуляційний метод. Такий метод може бути повною мірою реалізований на розгорнутих на місцевості активних РЛС, що використовуються в ролі пеленгаторів у разі постановки їм активних маскуючих завад. Оцінка просторових координат постановників завад здійснюється на основі вимірювань у кожному з пеленгаційних пунктів азимутальних і кутмістних координат.

Однією із задач, яка потребує вирішення в ході реалізації триангуляційного методу, є задача ототожнення вимірювань у кожному з пунктів значень азимутів та кутів місця. Показники якості алгоритмів ототожнення істотно залежать від характеристик точності і різночасності кутових вимірювань в кожному з пеленгаційних пунктів. У зв'язку з цим, доцільним і необхідним є як згладжування (фільтрація), азимутальних координат, так і приведення їх до єдиного моменту часу [2].

Аналіз результатів останніх досліджень і публікацій. Алгоритм фільтрації вимагає задання моделі зміни в часі супроводжуваних кутових координат, що супроводжуються. Найбільш простим у плані технічної реалізації є алгоритм, що передбачає лінійну модель зміни азимутів цілі щодо пеленгаційних пунктів. Але, відмінність реального характеру зміни кутів від лінійної моделі в процесі фільтрації приведе до появи помилок визначення координат цілі [1]. Застосування універсальної моделі зміни азимутів приведе до неможливості технічної реалізації пристроєм фільтрації [3].

Метою статті є дослідження алгоритму фільтрації кутових координат при умові що характер зміни кутів нелінійний.

Основний матеріал

У цьому випадку алгоритм фільтрації (рис. 1) включає дві гілки. Перша з них передбачає обчислення $\hat{\alpha}_{k+1}^{(1)}$ – згладженого значення азимута цілі, друга – обчислення згладженого значення приросту азимута $\hat{\alpha}_{k+1}^{(2)}$. Величини A і D представляють коефіцієнти ваги по азимуту і його збільшення, Z^{-1} – блок затримки на один цикл огляду, k – поточний номер циклу огляду.

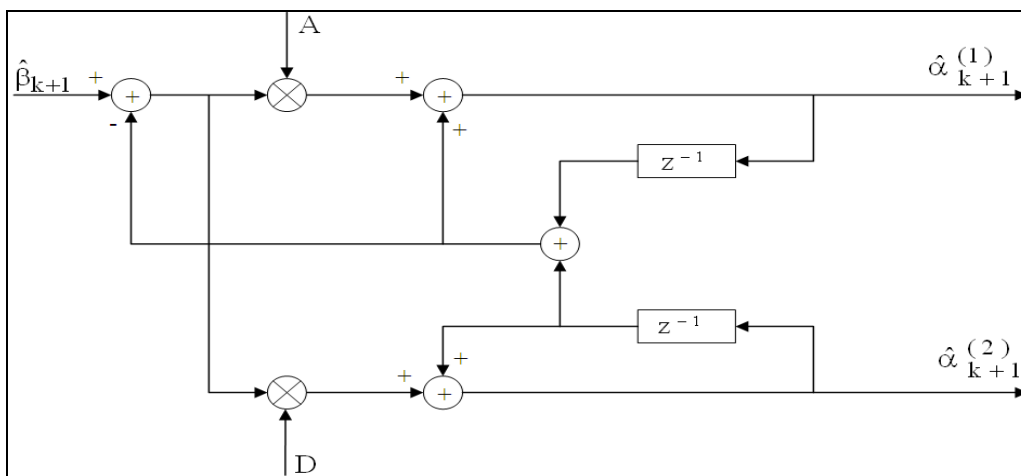


Рис. 1. Структурна схема пристрою фільтрації

При фільтрації одноразово виміряних координат, у разі коли характер їх зміни лінійний, коефіцієнти A і D з часом зменшуються згідно наступних співвідношеннями:

$$A = \frac{2(2k+1)}{(k+1)(k+2)}; \quad (1)$$

$$D = \frac{6}{(k+1)(k+2)}. \quad (2)$$

Відмінність реального характеру зміни кутів від лінійної моделі в процесі фільтрації приведе до появи систематичної помилки в оцінці азимутів i , в кінцевому рахунку, до систематичних помилок при розрахунку координат постановників завод.

У зв'язку з цим доцільним є фіксація коефіцієнтів A і D , починаючи з деякого циклу огляду простору. При цьому вибір значень коефіцієнтів A і D фіксуються для певного $k = k_\phi$, що задовільняє умові мінімуму суми квадратів випадкової і систематичної помилок.

Таку оцінку можна провести шляхом математичного моделювання пристрою фільтрації, імітуючи роботу пеленгаційних пунктів за допомогою генераторів випадкових чисел.

Статистична модель процесу пеленгації, фільтрації та оцінки випадкових і систематичних помилок складається з:

1. Моделі триангуляційної системи, яка включає два пункти прийому, рознесених на величину, що задається довільною базою, а також траєкторію польоту постановника завод, його швидкість і напрямком.

2. Модель процесу вимірювання пеленгатором кутових координат включає:

- оцінку істинних значень азимутів постановника активних завод щодо пунктів прийому;
- додавання до оцінених азимутальних значень випадкової величини, що вибирається з генератора випадкових чисел, розподілених за нормальним законом, при заданій дисперсії.

3. Модель процесу фільтрації.

Завдання полягає в тому, щоб на основі отриманих за $k+1$ циклів огляду значень азимутів знайти згладжене значення азимуту на поточний $k+1$ крок. Інакше необхідно оцінити значення $\hat{\alpha}_{k+1}^{(1)}$ і $\hat{\alpha}_{k+1}^{(2)}$ згідно з співвідношеннями:

$$\hat{\alpha}_{k+1}^{(1)} = \hat{\alpha}_k^{(1)} + \hat{\alpha}_k^{(2)} + A \cdot (\hat{\beta}_{k+1} - \hat{\alpha}_k^{(1)} - \hat{\alpha}_k^{(2)}); \quad (3)$$

$$\hat{\alpha}_{k+1}^{(2)} = \hat{\alpha}_k^{(2)} + D \cdot (\hat{\beta}_{k+1} - \hat{\alpha}_k^{(1)} - \hat{\alpha}_k^{(2)}). \quad (4)$$

Тут, $\hat{\alpha}_{k+1}^{(1)}$, $\hat{\alpha}_{k+1}^{(2)}$ – оцінені значення згладжених значень азимута і його приросту на $k+1$ -му

циклі огляду, $\hat{\beta}_{k+1}$ – однократно виміряне значення азимута на $k+1$ -му циклі огляду. Раніше було зазначено, що, характер зміни азимута відрізняється від лінійної залежності і може привести при фільтрації до появи систематичної помилки. Тому, необхідно шляхом статистичного моделювання оцінити вплив значення коефіцієнтів згладжування (A і D) на величину систематичної помилки.

Методика проведення статистичного випробування полягає в наступному. Відповідно до співвідношень (3) і (4) для довільного циклу огляду оцінюється згладжене значення азимута і його збільшення.

При цьому на вхід пристрою фільтрації подаються одноразово оцінені значення азимутів у пунктах пеленгації відповідно до описаної раніше моделі процесу вимірювання. При фільтрації коефіцієнти A і D змінюються відповідно співвідношенням (1) і (2) до значення $k = k_\phi$. Для наступних циклів огляду, більших за k_ϕ , значення A і D фіксуються і вибираються рівними:

$$A_\phi = \frac{2(2k_\phi + 1)}{(k_\phi + 1)(k_\phi + 2)}; \quad (5)$$

$$D_\phi = \frac{6}{(k_\phi + 1)(k_\phi + 2)}. \quad (6)$$

Для оцінки величини систематичної помилки розроблена модель включає наступні процедури:

1. По згладженим значенням азимутів у пунктах пеленгації розраховується просторове положення постановника завод у декартовій системі координат.

2. Для даного положення цілі здійснюється n звернень до генератора випадкових чисел і знаходиться середнє значення $M\{X\}$, $M\{Y\}$ по координатах X та Y відповідно.

3. Для цього ж положення цілі в просторі оцінюється різниця між істинним і знайденим значеннями за координатами X і Y , що при великих значеннях n представляє собою систематичну помилку визначених координат.

4. По n зверненнями до генератора випадкових чисел оцінюється дисперсія випадкової помилки за співвідношення (7):

$$D_{\text{вип.}} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [X_i - M(X)]^2. \quad (7)$$

5. Наведені процедури здійснюються по всій траєкторії польоту цілі. При цьому в пристрої фільтрації коефіцієнти згладжування (A і D) спочатку змінюються до циклу, рівного k_ϕ і залишаються постійним на циклах огляду більших k_ϕ . У процесі виконання завдання задаються різні значення k_ϕ .

На рис. 2 представлені:

– істинна траєкторія польоту постановника активних завдань з курсом $\theta_1 = 60^\circ$ (крива 1) і розташування пеленгаційних пунктів в даній системі координат;

– оцінені траєкторії польоту постановника активних завдань на основі даних пеленгаційних пунктів при фіксованих значеннях коефіцієнта:

крива 2 – $k_\phi = 10$,

крива 3 – $k_\phi = 20$,

крива 4 – при відсутності фіксації коефіцієнта згладжування).

З рис. 2 видно, що систематична помилка тим більше, чим більше значення k_ϕ . Крім того в процесі польоту постановника активних завдань систематична помилка не постійна для фіксованого значення k_ϕ .

На рис. 3 наведені залежності випадкової і систематичної помилок, отриманих при значенні $k_\phi = 10$, при цьому середньквдратичні відхилення вимірних значень азимутів задавалися рівними $0,33^\circ$, а величина бази між пунктами пеленгації дорівнює 50 км, курс постановника активних завдань $\theta_1 = 60^\circ$.

Систематична помилка залежить також від напрямку польоту відносно пеленгаційних пунктів. Так, наприклад при курсі постановника активних завдань $\theta_2 = 125^\circ$, статистична і випадкова помилки при тому ж самому $k_\phi = 10$ менші, що видно з рис. 4.

Дисперсія випадкової помилки з часом зменшується і залишається практично постійною при номері циклу огляду більше k_ϕ .

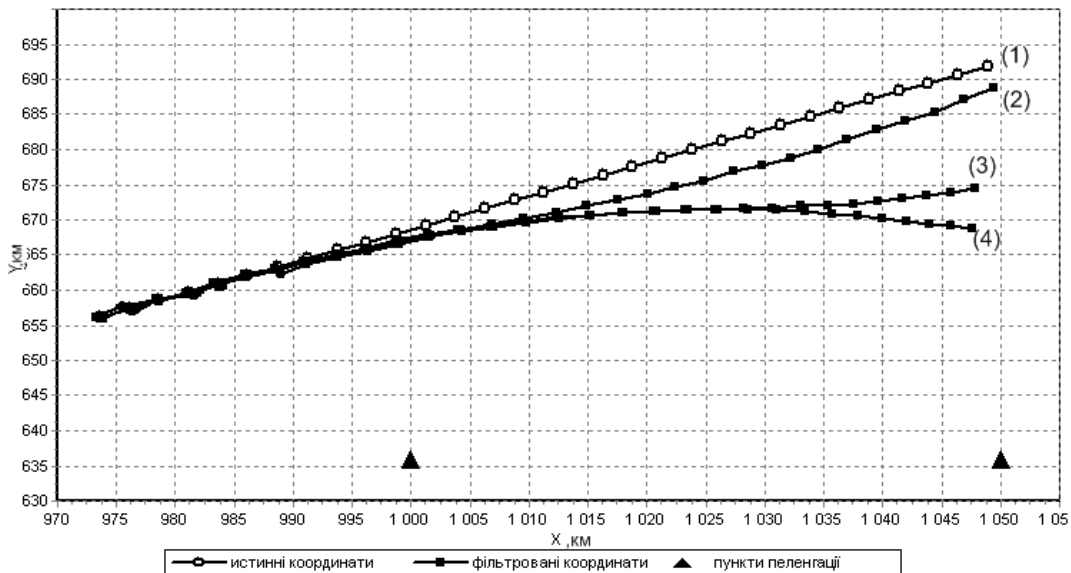


Рис. 2. Графічне представлення траєкторій в прямокутній системі координат

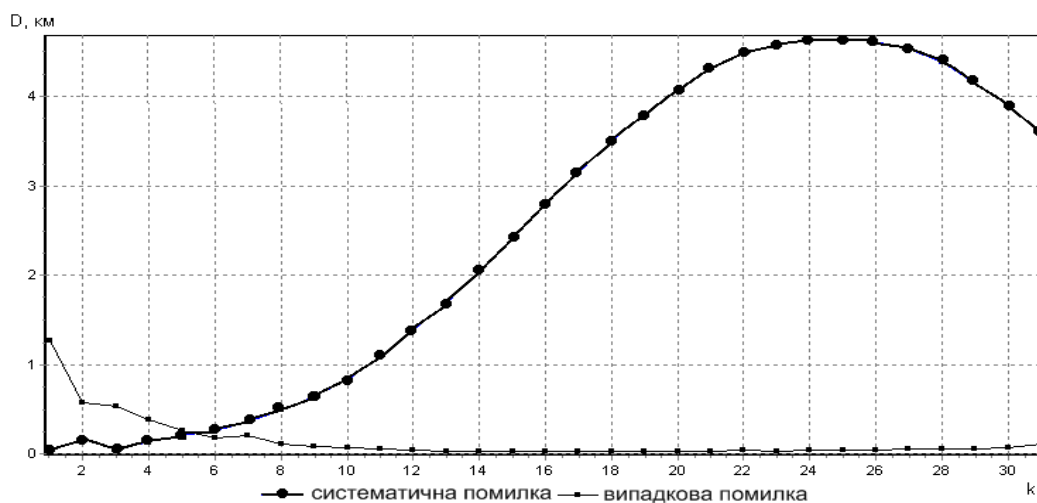


Рис. 3. Залежність помилок визначення координат від циклу обзора для курсу цілі $\theta_1 = 60^\circ$

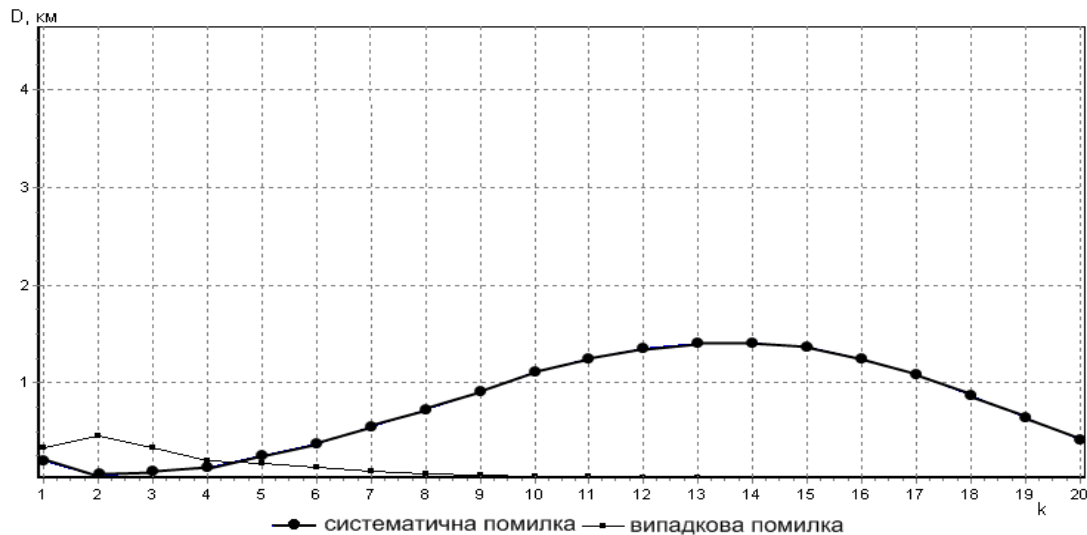


Рис. 4 – Залежність помилок визначення координат від цикла обзора для курсу цілі $\theta_2 = 125^\circ$

Висновки

Таким чином, при супроводженні постановників активних завад по азимутальним значенням необхідно фіксувати коефіцієнти згладжування з урахуванням допустимого значення систематичної помилки. Оцінка фіксованого значення може бути отримана на основі статистичного випробування роботи триангуляційної системи при довільному польоті постановника активних завад відносно пеленгаційних пунктів.

Список літератури

1. Войтович С.А. Траєкторна обробка локаційної інформації: Навчальний посібник / С.А. Войтович, Х.А. Турсунходжаєв / за ред. Х.А. Турсунходжаєва. 2-ге видання, допрацьоване. – Х.: ХУПС, 2008. – 112 с.

2. Турсунходжаєв Х.А. Теория цифровой обработки радиолокационной информации / Х.А. Турсунходжаєв. – Х.: ВИРТА, 1989. – 122 с.

3. Кузьмин С.З. Цифровая обработка радиолокационной информации / С.З. Кузьмин. – М.: Сов. радио, 1974. – 432 с.

Надійшла до редколегії 2.02.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.О. Кузнецов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ПРИНЦИПЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ ПОСТАНОВЩИКОВ АКТИВНЫХ ПОМЕХ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ ТРИАНГУЛЯЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ЛОКАЦИИ

Х.А. Турсунходжаев, О.Ю. Лавров

Рассматривается алгоритм фильтрации для сопровождения постановщика активных помех по угловым координатам в триангуляционной системе локации. Осуществляется его анализ, для чего математически моделируется триангуляционная система, процесс измерения пеленгатором угловых координат и работа устройства фильтрации. Получено, количественные оценки ошибок определения координат постановщика активных помех.

Ключевые слова: пассивная радиолокация, триангуляционный метод, показатели качества.

PRINCIPLES OF SUPPORT OF DIRECTORS OF ACTIVE HINDRANCES ON THE BASIS OF THE DATA OF TRIANGULABLE SYSTEM OF A LOCATION

K.A. Tursunhodzhaev, O.Y. Lavrov

The equation methods of aims' angular coordinates in the triangulation system of location are examined. In relation to them there is connection of probabilities as for correct and erroneous equation of the angular measuring with the structure of the triangulation system, statistical descriptions of the primary measuring, and also mutual placing of direction-finding points in relation to the object of location.

Keywords: passive radiolocation, triangulation, quality index.