

УДК 004.045

І.В. Свид, А.І. Обод

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ДАНИХ СИСТЕМ СПОСТЕРЕЖЕННЯ

В статті, на основі розгляду питань первинної, вторинної та третинної обробки даних, розроблено структуру інформаційної технології обробки даних систем спостереження повітряного простору.

Ключові слова: обробка даних, інформаційна технологія, системи спостереження.

Вступ

Постановка проблеми та аналіз літератури.

Система контролю повітряного простору (КПП) вирішує [1,2] такі основні завдання:

- ведення безперервної розвідки ПП;
- оцінка повітряної обстановки (в реальному масштабі часу) і виявлення порушень порядку використання повітряного простору;
- розробка електронної карти повітряної обстановки та видача її споживачам.

Основними елементами процедури контролю повітряного простору (ПП) є

- аналіз повітряної обстановки;
- прийняття рішень.

Джерелом динамічної інформації про повітряну обстановку в системі КПП є системи спостереження (СС), обробка даних (ОД) яких і є основою для прийняття рішень.

Рішення приймає особа на основі аналізу відповідним чином підготовленої інформації про стан повітряної обстановки. Правильне рішення може бути прийнято лише тоді, коли є досить повна, точна, достовірна й безперервна інформація про повітряну обстановку в зоні управління.

Метою роботи є аналіз структури інформаційної технології обробки даних систем спостереження.

Основна частина

Методологічну основу створення елементів сучасних систем контролю ПП складають *інформаційні технології* (ІТ), котрі втілюються при реалізації автоматизованих систем (АС). АС є інтегрованою інформаційною системою (ІС), що об'єднує інформаційні ресурси і забезпечує в рамках єдиних стандартів збір, накопичення, обробку і представлення інформації, призначеної для достовірного інформаційно-аналітичного забезпечення

Обробка даних систем спостереження - процес приведення інформації, що отримується від СС, в придатний для прийняття рішень.

Система ОД безпосередньо пов'язана із джерелами сигналів СС та забезпечує рішення наступних завдань:

- 1) виявлення повітряних об'єктів;
- 2) вимір координат і параметрів руху ПО;
- 3) перетворення координат спостережуваних ПО з полярної системи координат в прямокутну;
- 4) виявлення траєкторії ПО за сукупністю оцінок, отриманих у ряді послідовних оглядів СС;
- 5) обчислення згладжених і випереджених на деякий відрізок часу координат повітряних об'єктів;
- 6) формування узагальненої повітряної обстановки в зоні управління від декількох джерел.

Рішення перерахованих задач призводить до різноманіття виконуваних системою функцій, пов'язаних з поетапною обробкою великих потоків даних. Система обробки може бути представлена як сукупність елементарних підсистем зі складними взаємозв'язками. Складність системи ОД не дозволяє проводити формалізацію й аналіз її роботи в цілому. Тому доводиться попередньо розбивати систему на елементи й вивчати їхнє функціонування. У зв'язку із цим, доцільно, щоб елементи системи ОД мали чітко виражене призначення, а також те, що їх можна було б описати з досить загальних математичних позицій.

Такий підхід дозволяє процес ОД СС розділити на наступні функціонально закінчені етапи:

- первина обробка даних (ПОД);
- вторинна обробка даних (ВОД);
- третина обробка даних (ТОД).

Слід зазначити що у СС здійснюється виявлення корисних сигналів, прийнятих від ПО та визначення параметрів прийнятих сигналів.

Задача виявлення корисних сигналів вирішується в пристроях обробки сигналів і складається у винесенні однозначного рішення: або сигнал є ($x_i = 1$), або сигналу немає ($x_i = 0$). Оптимальність рішення задачі виявлення сигналів приймається, як правило, за критерієм Неймана-Пірсона, що зводиться до максимізації ймовірності правильного виявлення сигналів (D_i) при обмеженнях на ймовірність хибного виявлення (F_i). Ці дві ймовірності і є показниками якості виявлення сигналів. Операції оцінки параметрів сигналів у загальному випадку оптимізуються за критерієм мінімуму середнього ризику.

Оскільки в розглянутому випадку сигнал квантується на два рівні (двійкове квантування), тим самим можна проводити безпосередній синтез алгоритмів і вирішальних пристроїв для ОД. Необхідні для цього статистичні характеристики M -мірних вибірок за наявності й відсутності сигналу мають такий вигляд:

$$P_{zz}(x_i) = \prod_{i=1}^M P_{zz_i}^{x_i} (1 - P_{zz_i})^{(1-x_i)}, \quad (1)$$

$$P_z(x_i) = \prod_{i=1}^M P_{z_i}^{x_i} (1 - P_{z_i})^{(1-x_i)}, \quad (2)$$

де $P_{zz_i} = \int_{x_0}^{\infty} p_{z_i}(u_i) du_i$; $P_{z_i} = \int_{x_0}^{\infty} p_z(u_i) du_i$;

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{якщо } u_i \geq x_0; \\ 0, & \text{якщо } u_i < x_0. \end{cases}$$

Таким чином рішення x_i є даними які поступають на вхід ПОД. Перші три завдання ОД виконуються на етапі ПОД.

В алгоритмах виявлення ПО здебільшого в тому чи іншому вигляді застосовується метод накопичення вхідних даних. Для вирішення сформульованого завдання виявлювач ПО має обробляти дані, що надходять, відповідно до деякого алгоритму. Алгоритм виявлення ПО зводиться до перевірки гіпотези H_0 про відсутність ПО проти альтернативної гіпотези H_1 про її наявність, тобто до утворення співвідношення правдоподібності й порівняння цього відношення з якимось наперед заданим числом, яке обирається, виходячи з припустимої імовірності хибного виявлення. Рішення про виявлення об'єкту з показниками якості F і D надходить на вимірювач координат ПО. Оцінка координат миттєвого положення ПО робиться одночасно з виявленням ПО. Завдання вимірювача координат ПО полягає в тому, щоб на основі аналізу отриманої послідовності нулів і одиниць оцінити оптимальним чином координати ПО.

Для вирішення сформульованого завдання вимірювач координат ПО також має обробляти дані, що надходять, відповідно до деякого алгоритму. Оптимальний алгоритм вимірювання координат синтезується, як правило, за критерієм максимальної правдоподібності. Вигляд функції правдоподібності залежить від статистичних характеристик сигналів і завад, форми діаграми спрямованості антени системи, а також від способу сканування антени СС у процесі вимірювання.

Таким чином, при формуванні рішення про виявлення ПО з виходу вимірювача координат споживачам видається оцінка вектору вимірювання координат ПО $\vec{a} = \|\mathbf{r} \ \beta \ \mathbf{z}\|^T$, що характеризується кореляційною матрицею похибок $\vec{C}^{-1}$.

Координати спостережуваних ПО, як правило, перетворюються з природної для СС полярної системи координат в прямокутну (декартову).

Вектор стану $\vec{w} = \|\mathbf{x} \ \mathbf{y} \ \mathbf{z}\|^T$ характеризує три декартові координати в просторі, а вектор спостережуваних параметрів $\vec{a} = \|\mathbf{r} \ \beta \ \mathbf{z}\|^T$ - три сферичні

координати, незалежно вимірювані в деякому пункті прийому. Туди входять:

- похила дальність $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$;
- азимут $\beta = \arctg(x/y) + \frac{\pi}{2(1 - \sin \theta - \sin \theta \sin \varphi)} = h_1$;
- кут міста $\mathbf{z} = \arctg(z/r_g) = h_2$

Тут $r_g = \sqrt{x^2 + y^2}$ - горизонтальна дальність, а статистична матриця перерахунку $\vec{H} = \|dh_i/dw_j\|$ дорівнює

$$\vec{H} = \begin{bmatrix} x/r & y/r & z/r \\ y/r_g^2 & -x/r_g^2 & 0 \\ -xz/r^2 r_g & -yz/r^2 r_g & r_g/r^2 \end{bmatrix}.$$

Матриця точності вимірювання декартових координат $\vec{C}_w = \vec{H}^T \vec{C}_a \vec{H}$ зводиться до твору [3]:

$$\begin{bmatrix} \frac{x}{r} & \frac{y}{r_g} & -\frac{xz}{r^2 r_g} \\ \frac{y}{r} & -\frac{x}{r_g} & -\frac{yz}{r^2 r_g} \\ \frac{z}{r} & 0 & \frac{r_g}{r^2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{1}{\sigma_r^2} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\sigma_\beta^2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\sigma_z^2} \end{bmatrix} \times \\ \times \begin{bmatrix} x/r & y/r & z/r \\ y/r_g^2 & -x/r_g^2 & 0 \\ -xz/r^2 r_g & -yz/r^2 r_g & r_g/r^2 \end{bmatrix}.$$

Елементи матриці точності $\vec{C}_a$ визначаються такими рівностями [3]:

$$C_{11} = (x^2/r^2 \sigma_r^2) + (y^2/r_g^4 \sigma_\beta^2) + (x^2 z^2 / r^4 r_g^2 \sigma_z^2),$$

$$C_{22} = (y^2/r^2 \sigma_r^2) + (x^2/r_g^4 \sigma_\beta^2) + (y^2 z^2 / r^4 r_g^2 \sigma_z^2),$$

$$C_{33} = (z^2/r^2 \sigma_r^2) + (r_g^2/r^4 \sigma_z^2),$$

$$C_{12} = C_{21} = xy \left[\left(\frac{1}{r^2 \sigma_r^2} \right) - \left(\frac{1}{r_g^4 \sigma_\beta^2} \right) + \left(\frac{z^2}{r^4 r_g^2 \sigma_z^2} \right) \right],$$

$$C_{13} = C_{31} = xz \left[\left(\frac{1}{r^2 \sigma_r^2} \right) - \left(\frac{1}{r^4 \sigma_z^2} \right) \right],$$

$$C_{23} = C_{32} = yz \left[\left(\frac{1}{r^2 \sigma_r^2} \right) - \left(\frac{1}{r^4 \sigma_z^2} \right) \right].$$

Четверте та п'яте завдання виконуються на етапі ВОД. У процесі цієї операції оцінюються приналежність декількох оцінок з різних періодів огляду СС одному ПО, приймається рішення про наявність або відсутність ПО, а також обчислюються початкові значення параметрів траєкторії виявленого ПО.

У процесі спостереження за траєкторією в кожному огляді відбираються нові оцінки для продовження траєкторії, уточнюються параметри траєкторій з урахуванням координат нових оцінок, а також згладжування й прогнозування координат.

Ці операції виконуються на основі оцінок СС, отриманих у процесі ПОД в загальному випадку від декількох СС, котрі, як правило, знаходяться на однакових позиціях.

За рахунок здійснення ВОД вдається:

- поліпшити ймовірності правильних рішень при виявленні ПО;

- підвищити точність виміру координат ПО за рахунок міжоглядової фільтрації координат оцінок;
- визначити екстрапольовані значення координат і параметрів руху ПО.

Шосте завдання виконуються на етапі ТОД, що є поєднання даних різних СС за однойменними ПО з метою поліпшення характеристик спостереження:

- характеристик виявлення;
- характеристик вимірювання координат і параметрів руху ПО.

Ця процедура припускає виконання таких функціонально закінчених операцій:

- приведення позначок місця розташування ПО до єдиної системи координат;
- приведення позначок місця розташування ПО до єдиного часу відліку;
- ототожнення (ідентифікація) траєкторій, отриманих від декількох джерел по тому самому ПО;
- обчислення параметрів об'єднаних (усереднених) траєкторій.

Вищевикладене дозволяє відобразити структуру ІТ обробки даних СС у вигляді що наведена на рис. 1.

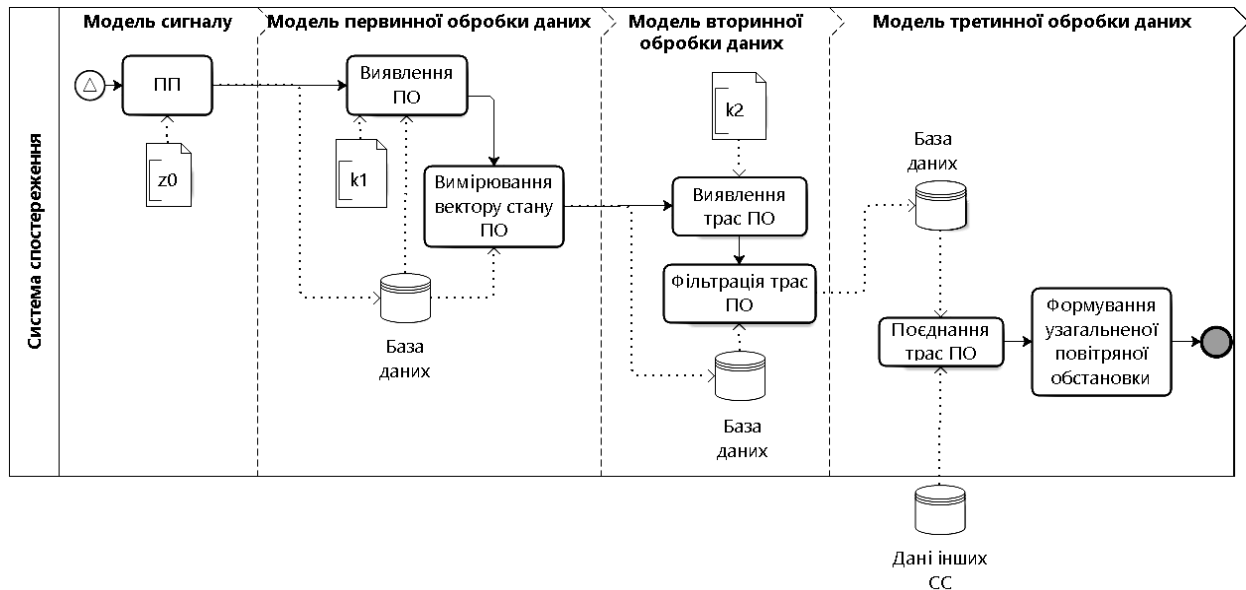


Рис. 1. Інформаційна технологія обробки даних систем спостереження

Висновки

Показано, що методологічну основу обробки даних СС ПП складають інформаційні технології за допомогою котрих здійснюється об'єднання інформаційних ресурсів і забезпечується в рамках єдиних стандартів збір, накопичення, обробка та представлення інформації для достовірного інформаційно-аналітичного забезпечення системи контролю ПП.

Список літератури

1. Автоматизированные системы управления воздушным движением: Новые информационные технологии

в авиации / под ред. С.Г. Пятко и А.И. Краснова. - СПб.: Политехника, 2004.

2. Фарина А. Цифровая обработка радиолокационной информации / А.Фарина, Ф.Студер. - М.: Радио и связь, 1993. - 319 с.

3. Ширман Я.Д. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех / Я.Д.Ширман, В.Н.Манжос. - М.: Радио и связь, 1981. - 416 с.

Надійшла до редколегії 13.10.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.А. Серков, Національний технічний університет «ХП», Харків.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ

И.В. Свид, А.И. Обод

В статье на основе рассмотрения вопросов первичной, вторичной и третичной обработки данных, разработана структура информационной технологии обработки данных систем наблюдения воздушного пространства.

Ключевые слова: обработка данных, информационная технология, системы наблюдения.

INFORMATION TECHNOLOGY DATA MONITORING SYSTEMS

I.V. Svyd, A.I. Obod

The article, based on the consideration of issues of primary, secondary and tertiary processing of data, developed structure of information processing technology of air space surveillance systems.

Keywords: data processing, information technology, surveillance systems.