

ОБ'ЄДНАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ПОВІТРЯНУ ОБСТАНОВКУ В СИСТЕМАХ ОБРОБКИ РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ КОНТИНУАЛЬНОГО ЛІНІЙНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

О.А. Макогон

(Харківський інститут танкових військ)

Пропонується метод спільного об'єднання й узагальнення координатних параметрів і ознак повітряних об'єктів від різнотипних джерел, з урахуванням особливостей їх функціонування. Використання методу в системах обробки радіолокаційної інформації дозволяє підвищити якість інформації, яка видається.

координатні параметри, повітряні об'єкти, системи обробки радіолокаційної інформації

Загальна постановка проблеми. Об'єднання й узагальнення інформації про повітряну обстановку при надходженні вимірів від сукупності різнотипних джерел здійснюється в системах обробки радіолокаційної інформації у складних умовах радіолокаційного спостереження. Це викликано великою просторовою щільністю повітряних об'єктів (ПО), їх маневруванням постановкою ними активних перешкод, впливом природного шумового фону й інших факторів. При цьому процес спостереження ПО характеризується епізодичністю (переривчастим характером) і значною апріорною невизначеністю. У цих умовах реалізовані методи об'єднання й узагальнення інформації про повітряну обстановку не дозволяють досягти необхідних показників повноти точності і вірогідності інформації про повітряну обстановку.

Аналіз літератури. У відомих алгоритмах об'єднання інформації про повітряну обстановку від сукупності джерел [1, 2, 4] використовується тільки інформація про координатні параметри ПО. При цьому рішення розглянутої задачі припускає лише послідовне висування і перевірку множини статистичних гіпотез [3, 4], що призводить до неоднозначності вибору послідовності розгляду гіпотез (повний перебір можливих варіантів практично неможливий) і, як результат, до прийняття помилкових рішень.

Однак координатна інформація, що надходить до системи обробки досить різнотипна. Вона може представляти собою як окремі первинні виміри координат, так і повідомлення про параметри, що виявляються, а також про параметри супроводжуваних траєкторій. Окрім того, від джерел надходить і

ознакова інформація у вигляді множини поведінкових, сигнальних і траєкторних ознак ПО, або у вигляді результатів попереднього розпізнавання ПО в алфавітах класів джерел.

Разом з тим, у процесі перевірки статистичних гіпотез щодо ототожнення вимірів, при оцінюванні координатних параметром траєкторій і класифікації ПО ця різнотипна інформація не ураховується. Усе це приводить до прийняття помилкових рішень, що знижує повноту, точність і вірогідність узагальнених даних про повітряну обстановку що видаються споживачам.

Таким чином, питання підвищення якості інформації про повітряну обстановку з рахунок спільного об'єднання й узагальнення координатної і ознакової інформації від сукупності різнотипних джерел з урахуванням особливостей їх функціонування, є актуальними і вимагають свого рішення.

Мета статті. Для вирішення цієї актуальної задачі необхідно розробити метод спільного об'єднання й узагальнення інформації про повітряну обстановку від сукупності різнотипних джерел, що дозволить врахувати особливості їх функціонування та забезпечити необхідну якість інформації про повітряну обстановку. Авторами розробляється метод об'єднання різнорідної інформації про повітряну обстановку, що ґрунтується на використанні теорії континуального лінійного програмування [5] для перевірки багатоальтернативних статистичних гіпотез [6 – 8]. Застосування цього методу дозволить усунути недоліки, властиві існуючим методам, за рахунок цього підвищити якість інформації, що видається споживачам.

Математичне формулювання задачі прийняття рішення за умов, коли у систему обробки та узагальнення інформації поступив один вимір. Під узагальненням інформації про повітряну обстановку розуміється процес одержання якісно нових характеристик окремих ПО і їх груп на основі різнорідної (координатної, ознакової) інформації, що надходить від різнотипних джерел. Розробка методу спільного об'єднання й узагальнення інформації про повітряну обстановку здійснюється при наступних допущеннях. Різнотипні джерела здійснюють рівномірний круговий огляд простору з постійним (у загальному випадку неоднаковим) періодом T_0 . Кожен вимір джерела (оцінка координат об'єкту та його ознак) породжено не більш ніж одним джерелом.

Виміри різнотипних джерел (складові векторів спостереження координатних параметрів \hat{y}_Σ і ознак \hat{x}_Σ) характеризуються випадковими помилками, що розподілені за нормальним законом з відомими СКО – $\sigma_{\hat{y}_\Sigma}$ і $\sigma_{\hat{x}_\Sigma}$.

Нехай у результаті спостережень у черговому α -му такті відновлення інформації надходить I повідомлень про параметри ПО, що характеризуються векторами спостереження координатних параметрів $\vec{y}_\Sigma = \vec{y}_1, \dots, \vec{y}_I$ і векторами спостереження ознак $\vec{x}_\Sigma = \vec{x}_1, \dots, \vec{x}_I$. Необхідно оцінити кількість

ПО \hat{n} , їх вектори стану $\bar{\mu}_1, \dots, \bar{\mu}_n$ і класи $\hat{T}_\Sigma = \hat{T}_1, \dots, \hat{T}_n$.

У даній статті розглядається найбільш простий випадок, коли у системі обробки та узагальнення інформації поступив один вимір і задача полягає в тому, щоб віднести його до однієї із супроводжуваних траєкторій, чи прийняти рішення, що це новий об'єкт, траєкторія якого ще не зав'язана. Ця спрощена задача може бути сформульована як задача перевірки однієї статистичної гіпотези проти декількох альтернатив, для вирішення якої можна застосувати методи теорії континуального лінійного програмування [5].

Надамо математичне формулювання задачі перевірки однієї статистичної гіпотези проти декількох альтернатив.

Нехай ξ – випадковий вектор з щільністю розподілу $f(Q_i, X)$, $X \in \Omega$, $i = 1, 2, \dots, m$, що залежить від дискретного параметра, який може приймати одне з множини значень $Q_0, Q_1, Q_2, \dots, Q_m$. Уведемо сукупність гіпотез H_0, H_1, \dots, H_m щодо рівності невідомого параметра Q одному з можливих своїх значень: $H_i : Q = Q_i$, $i = 1, 2, \dots, m$. У результаті виміру одержано вектор X_B . Задача полягає у знаходженні правила, відповідно до якого на підставі спостережень X приймається чи відхиляється гіпотеза $H_0 : Q = Q_0$. Рішення здійснюється за допомогою критичної функції (рандомізованого вирішального правила) $0 \leq B(X) \leq 1$, що має сенс імовірності відхилення гіпотези H_0 , якщо вектор X .

Прийняття (відхилення) основної гіпотези супроводжується можливістю виникнення помилок. При цьому, якщо вірна гіпотеза H_0 відхиляється, то це помилка першого роду. З іншого боку, якщо гіпотеза H_0 приймається в ситуації, коли в дійсності вірна H_i , $i = \overline{1, m}$, то це i -та помилка другого роду.

Позначимо $f(x/H_i) = f(x)$ – щільність розподілу значень величини x , що спостерігається, за умови, що вірна гіпотеза H_i , $i = 1, 2, \dots, m$.

Тоді умовна ймовірність помилки першого роду, (рівень значимості) дорівнює

$$\alpha_0(B) = \int f(x/H_0) \cdot B(x) dx, \quad (1)$$

а умовні ймовірності помилок другого роду визначаються співвідношеннями

$$\beta_i(B) = \int f(x/H_i)(1 - B(x)) = 1 - \int f(x/H_i)B(x) dx. \quad (2)$$

Тепер задача знаходження правила, відповідно до якого на підставі спостереження X приймається чи відхиляється гіпотеза $H_0 : Q = Q_0$, може бути сформульована так: знайти функцію $B^*(X)$, що мінімізує функціонал

$$\alpha_0(B) = \int_{X \in \Omega} f_0(x/H_0)B(x)dx \quad (3)$$

і задовольняє обмеженням

$$\int_{X \in \Omega} f(x/H_i)B(x)dx = 1 - \beta_i, \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (4)$$

$$0 \leq B(X) \leq 1, \quad x \in \Omega, \quad (5)$$

де β_i – визначене значення ймовірностей помилок другого роду.

Таким чином, одержана задача континуального (безперервного) лінійного програмування [5].

Зведення задачі прийняття рішення до задачі лінійного програмування. Існують точні алгоритми вирішення задач такого класу ознак. Найбільш простим способом вирішення задач такого класу є її зведення до звичайної задачі лінійного програмування шляхом дискретизації.

Розділимо множину Q можливих значень вектора X на n елементарних підмножин Ω_j , $j = \overline{1, n}$: $\bigcup_{j=1}^n \Omega_j = \Omega$, $\bigcap_{j=1}^n \Omega_j = O$ – порожня множина.

У кожній з підмножин Ω_j , $j = 1, 2, \dots, n$ виберемо точку $X_j \in \Omega_j$ і покладемо $B^*(X) \equiv b_j$, $X_j \in \Omega_j$.

$$\text{Обчислимо } f_{0j} = \int_{X \in \Omega_j} f_0(X/H_0)dX, \quad f_{ij} = \int_{X \in \Omega_j} f(X/H_i)dX, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}.$$

Тепер задача (3) – (5) трансформується у її наближений еквівалент: знайти набір змінних $B = \{b_j\}$ $B = \{b_j\}$, що мінімізує функцію

$$\alpha_0(B) = \sum_{j=1}^n f_{0j}b_j \quad (6)$$

і задовольняє обмеженням

$$\sum_{j=1}^n f_{ij}b_j = 1 - \beta_i, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad (7)$$

$$0 \leq B(X) \leq 1, \quad x \in \Omega. \quad (8)$$

Таким чином, одержана задача лінійного програмування з двобічними обмеженнями на значення змінної [9]. Алгоритми рішення таких задач відомі.

Точність рішення цієї задачі, звичайно, залежить від детальності її дискретизації. Однак, сучасні можливості комп'ютерної техніки дозволяють вирішувати досить об'ємні задачі. Тому, можна сподіватись, що при

обмеженій кількості повітряних об'єктів можна досягти необхідної швидкості обчислень. При зростанні обчислювальної складності та при наявності відповідного обладнання можна застосувати метод паралельних обчислень.

Організація інформаційних масивів для розв'язання задачі об'єднання інформації. Для організації процесу спільного об'єднання й узагальнення інформації в СОРЛІ необхідно організувати ряд інформаційних масивів [1], а саме:

- масив початкових точок виявляємих узагальнених траєкторій (УТ);
- масив попередньо виявлених УТ;
- масив супроводжуваних УТ.

Крім зазначених масивів, необхідно організувати масиви для збору і запам'ятовування інформації, що надходить від кожного з джерел (які виявляються і супроводжуються окремими траєкторіями (ОТ)), а саме:

- масив початкових точок ОТ;
- масив попередньо виявлених ОТ;
- масив попередньо виявлених ОТ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кузьмин С.З. Цифровая радиолокация. Введение в теорию. – К.: КВИЦ, 2000. – 428 с.
2. Chen H., Kirubarjan T. and Bar-Shalom Y. Centralized vs. Distributed Tracking Algorithms for Air-to-Air Scenarios // Proc. of SPIE Conf. on Signal and Data Processing of Small Targets/ Vol/4048/ April – 2000. – P. 318 – 324.
3. Шило С.Г. Метод статистического синтеза алгоритмов комбинированного объединения и обобщения радиолокационной информации. – Х.: МСУ. – 2002. – Т. 5, № 7. – С. 9 – 12.
4. Бакут П.А., Жулина Ю.В., Иванчук Н.А. Обнаружение движущихся объектов. – М.: Сов. радио, 1980. – 287 с.
5. Раскин Л.Г., Кириченко И.О. Математические основы исследования операций и анализа сложных систем вооружения ПВО. – Х.: ВИРТА, 1987. – С. 182 – 187.
6. Кириченко И. О., Макогон О.А. Задача проверки статистических гипотез как задача линейного программирования // Труды академии. – К.: НАОУ. – 1999. – Вып. 13. – С. 78 – 82.
7. Макогон О.А. Ототожнення інформації щодо параметрів орбіт космічних об'єктів методами перевірки багатоальтернативних гіпотез // Збірник наукових праць. – Х.: ХВУ. – 2000. – Вып. № 1 (27). – С. 85 – 89.
8. Макогон О.А. Математическая модель отождествления космических объектов при стохастической неопределенности их координат // Системы обработки информации. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ. – 2003. – Вып. 4. – С. 210 – 218.
9. Юдин Е.Г., Гольдштейн Д.Б. Задачи линейного программирования транспортного типа. – М.: Наука, 1969. – С. 241 – 271.

Надійшла 30.08.2005

Рецензент: доктор військових наук, професор І.О. Кириченко,
Харківський інститут танкових військ.
