

УДК 621.3

Ю.В. Стасєв, М.І. Литвиненко

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

МЕТОД РОЗПІЗНАВАННЯ ТАКТИЧНИХ ГРУП ПОВІТРЯНОГО ПРОТИВНИКА

У статті розглянуті питання розробки методу розпізнавання тактичних груп (ТГ) повітряного противника, що дозволило формалізувати процедуру розпізнавання і розробку структури даних для організації збереження даних про ТГ у вигляді бази даних для їх подальшого використання. Запропонований апарат формалізації структури даних для збереження інформації про ТГ дозволяє розробити алгоритм, який реалізує процедуру розпізнавання ТГ.

Ключові слова: повітряний об'єкт, тактичні групи, повітряний противник, розпізнавання.

Вступ

Оцінка повітряного противника полягає у всебічному аналізі його базування, складу сил, стану, бойових можливостей, способів дій в інтересах виконання бойової задачі по відбиттю удару повітряного противника [1, 2]. Це найбільш складна складова оцінки обстановки, що має характер прогнозування. Особа, що приймає рішення (ОПР), як правило, не має у своєму розпорядженні усіх даних про противника, не знає, а лише прагне розкрити задум його можливих дій. Противникові належить пріоритет у виборі варіанта удару. Тому висновки з оцінки противника є ймовірними, а точність прогнозування визначається повнотою і достовірністю початкових даних, правильністю застосовуваних методів оцінки, врахуванням усіх факторів, що впливають на дії противника.

Рішення по організації відбиття удару повітряного противника є основою управління, а процес прийняття рішення – найбільш важливою творчою функцією. При цьому рішення, прийняте командувачем, про порядок дій підпорядкованих сил і засобів повинне ґрунтуватися на закономірностях і принципах військового мистецтва, точному з'ясуванні отриманого бойового завдання й оцінці обстановки [3, 4].

На прийняття ефективних рішень впливають наступні фактори: точне з'ясування поставлених завдань; мінімізація надлишкової інформації; прийняті заходи для збереження скритності прийняття рішення, погляди на рішення найбільш важливих проблем; існуючі запасні варіанти ведення бойових дій; послідовність і наполегливість у виконанні рішень [5, 6].

При масованих ударах противника, велика кількість повітряних об'єктів (ПО) породжує різні проблеми зв'язані з відображенням інформації про повітряну обстановку, а саме:

відсутність точної оцінки просторових характеристик удару і розподілу засобів повітряного нападу противника в ударі;

обмежені можливості осіб бойової обслуги по врахуванню інформації про повітряну обстановку на

етапі виробки або корегування рішення на застосування своїх сил;

накладення формулярів ПО.

Метою даної статті є розробка методу розпізнавання тактичних груп повітряного противника.

Результати досліджень

Для рішення задачі підвищення наочності відображення інформації про повітряного противника та підвищення якості прийняття рішення по оцінці повітряного противника пропонується вирішити задачу групування засобів повітряного нападу противника (розпізнавання тактичних груп). Під тактичною групою (ТГ) розуміється сукупність повітряних об'єктів, що діють узгоджено на даний момент часу в обмеженому просторі.

Для виявлення тактичних груп потрібно повітряні об'єкти противника, що знаходяться в одному просторовому стробі та мають близькі параметри, об'єднати в одну тактичну групу (ТГ) та отримати її характеристики шляхом узагальнення параметрів ПО, що складають її.

Для формалізації правила прийняття рішення щодо введення ПО до складу ТГ та модифікації БД ТГ визначимо: W – множина повітряних об'єктів. Потужність множини на етапі проектування не визначена, позаяк невідома кількість ПО, що може приймати участь у нанесенні повітряного удару; $w_i^W - w_i^W \in W$, повітряний об'єкт, який належить до множини W ПО.

Кожний ПО характеризується кортежем параметрів та характеристик повітряного об'єкту, перелік яких наведений нижче; G – множина ТГ. Потужність множини на етапі проектування не визначена, тому що не відома кількість ТГ в ударі; $g_j^G - g_j^G \in G$, тактична група, яка належить до множини тактичних груп. Кожна ТГ може бути представлена кортежем, у якому визначені її параметри; \mathcal{C} – множина групових повітряних об'єктів; $c_l - c_l \in \mathcal{C}$ – ознака того, що ПО належить до множини групових об'єктів.

Тоді правило, згідно якого проводиться введення ПО до ТГ має вигляд:

$$\forall_i \exists_j \left[P_1 \left(w_i^W \in g_j^G \right) \right] \vee \exists_k \exists_l \left[P_2 \left(w_k^W \in c_l^C \right) \right] \vee \exists_m \exists_n \left[P_3 \left(g_m^G \cap g_n^G \right) \right] \rightarrow \exists_p P_T \left[g_p^G \in G \right]; \quad (1)$$

де $\forall_i \exists_j \left[P_1 \left(w_i^W \in g_j^G \right) \right]$ – предикат, який інтерпретується наступним чином: для всіх повітряних об'єктів w_i^W , що входять до множини W повітряних об'єктів, існують ТГ g_j^G , які входять до множини ТГ G , до яких може належати ПО; $\exists_k \exists_l \left[P_2 \left(w_k^W \in c_l^C \right) \right]$ – предикат, який інтерпретується наступним чином: існують повітряні об'єкти w_k^W , які входять до множини W повітряних об'єктів, та якщо повітряний об'єкт є також груповим об'єктом c_l^C і належить до множини групових ПО C , то створюється нова ТГ; $\exists_m \exists_n \left[P_3 \left(g_m^G \cap g_n^G \right) \right]$ – предикат, який інтерпретується наступним чином: якщо існують такі ТГ, параметри яких перетинаються, то дані ТГ об'єднуються у одну ТГ.

Тобто визначається можливість входження ПО до ТГ, або створення на основі групового ПО нової ТГ, або об'єднання кількох ТГ у одну (1).

Для вирішення задачі розпізнавання тактичних груп противника використовуються наступні **початкові дані**, одержання яких можливе з використанням існуючих засобів автоматизації пункту управління (ПУ) об'єднання Повітряних Сил.

Типові повідомлення, що надходять з ПУ підпорядкованих з'єднань і частин через апаратуру передачі даних комплексу засобів автоматизації ПУ об'єднання Повітряних Сил, поділяються на повідомлення про повітряну обстановку і повідомлення про бойову готовність і бойові дії.

Повідомлення про повітряний об'єкт містить наступну інформацію: тип повідомлення;

декартові координати x, y повітряного об'єкта в системі радіотехнічного центра; висота H повітряного об'єкта; параметри руху V_x, V_z ; курс польоту Q ; час локації t_L ; номер траси j ; ознака новизни траси HT ; ознака втрати повітряного об'єкта P ; ознака маневру об'єкта M ; ознака достовірності висоти ∂H ; ознака Pr , що характеризує факт отримання інформації з використанням системи активного запиту або без її використання; склад об'єкта n (1,2,3 і більш, невідомо); визначення державної належності (ВДП) (свій, чужий, терпить біду, нерозпізнаний); характер перешкод PrP (активні, пасивні, комбіновані перешкоди, немає перешкод); ступінь новизни виміру висоти HN і координат NK (нова або екстрапольована); характер траси Tr (істинна або триангуляційна); ознака її супроводження або скидання C .

Дані оповіщення, якими обмінюється об'єднання з взаємодіючими об'єднаннями ППО, і повідомлення на КП вищих органів управління містять інформацію про повітряні об'єкти й інформацію про бойову готовність і бойові дії своїх військ.

Виходячи з описання ТГ та інформації про повітряну обстановку, пропонується наступний перелік параметрів, які описують ТГ (рис. 1):

N_{TG} – номер ТГ; X_{TG}, Y_{TG} – координати центра ТГ у прямокутній системі координат; $\Delta X_{TG}, \Delta Y_{TG}$ – просторовий розмір ТГ; H_{TG} – усереднена висота ТГ; V_{TG} – усереднена швидкість ТГ; Q_{TG} – усереднений курс ТГ; C_{TG} – сумарний склад ТГ; I_{TG} – індекс ТГ (своя, чужа й ін.); $СПО_{TG}$ – список ПО, що входять у ТГ; T_{TG} – час локації ТГ.

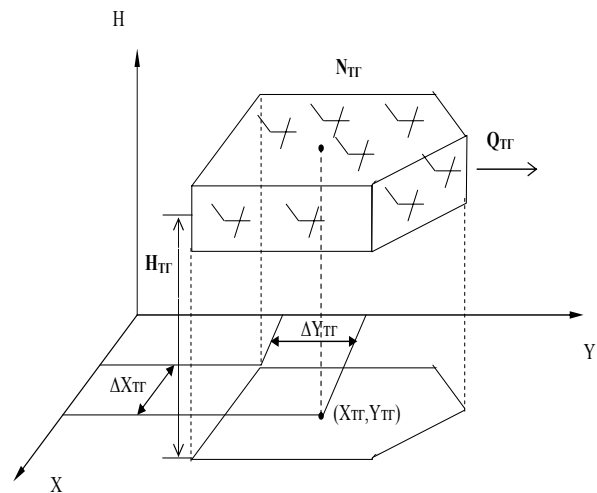


Рис. 1. Узагальнені просторові характеристики тактичної групи

Перелік параметрів ПО необхідних для вирішення задачі розпізнавання тактичних груп: N_{PO} – номер ПО; X_{PO}, Y_{PO} – координати ПО у прямокутній системі координат; H_{PO} – висота ПО; V_{PO} – швидкість ПО; Q_{PO} – курс ПО; C_{PO} – склад ПО; $ВДП_{PO}$ – ознака державної належності (ОДН); $ИПО_{PO}$ – індекс ПО (свій, чужий і ін.); T_{PO} – час локації ПО.

Крім того, виходячи з правил побудови ударних груп противника і з того, що група діє узгоджено, основні параметри ТГ такі як: швидкість, висота і курс практично однакові для усіх ПО, які входять у дану групу, а також відстань між ПО відповідає заздалегідь визначеним нормативам [7], потрібні ще деякі параметри, які будуть задаватися константами.

Відстань між повітряними об'єктами ΔR_{PO} , тобто просторовий строб навколо ПО, при попаданні в який іншого ПО, можна сказати, що вони мають близьке місце знаходження. Фізичний зміст цього поняття представлений на рис. 2. PO_i та PO_j знаходяться в одному повітряному стробі, тобто мають близьке місцезнаходження і можуть створити одну групу, а PO_k не попадає в цей строб і тому не може бути включений до групи.

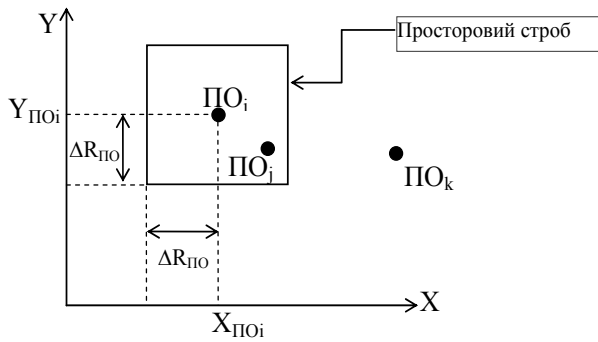


Рис. 2. Графічна інтерпретація формування просторових стробів повітряних об'єктів

При різниці значень параметрів ПО, що не перевищує встановленої міри, можна сказати, що ці об'єкти мають близькі параметри: ΔH – строб по висоті; ΔV – строб по швидкості; ΔQ – строб за курсом.

Для повітряних об'єктів, що входять до складу тактичної групи, при виході з неї пропонується збільшити вищевказані строби, для виключення виходу ПО зі складу групи в разі невеликих відхилень його параметрів, пов'язаних з похибками вимірювань або виконання маневру в складі групи: $\Delta R'_{\text{ΠО}}$ – збільшення просторового строба ПО; $\Delta H'$ – збільшення строба по висоті; $\Delta V'$ – збільшення строба по швидкості; $\Delta Q'$ – збільшення строба за курсом.

Крім того, потрібно визначити максимальний просторовий розмір тактичної групи для обмеження розростання групи до невірних розмірів: $\Delta R_{\text{ТГ}}$ – максимальний просторовий строб ТГ; $\Delta R'_{\text{ТГ}}$ – збільшення просторового строба ТГ.

Для виключення ТГ, що не відповідають тактичним вимогам по чисельному складу, пропонується ввести мінімальний склад ТГ – C_{min} .

Значення вищевказаних стробів встановлюються виходячи з параметрів тактичних шикунів повітряного противника та досліджень.

За основну модель руху для рішення задачі розпізнавання ТГ приймається рівномірний прямолінійний рух. Це обумовлено тим, що тактична група характеризується досить великою усталеністю і зберігає свої характеристики без змін протягом тривалих проміжків часу в ході забезпечення можливості спільної дії і виконання поставленої задачі.

Тоді рівняння руху повітряних об'єктів (екстраполяції) описується наступними поліномами:

$$\begin{aligned} X_j &= X_{j-1} + V_{j-1} * \Delta t; \\ Y_j &= Y_{j-1} + V_{j-1} * \Delta t; \\ H_j &= H_{j-1}, \end{aligned} \quad (2)$$

де t_j – поточна відмітка часу; t_{j-1} – попередня відмітка часу; $\Delta t = t_j - t_{j-1}$ – проміжок часу між попередньою та поточною відміткою часу; V_{j-1} – значення швидкості ПО на час t_{j-1} ; $X_j, X_{j-1}, Y_j, Y_{j-1}$ – екстрапольовані і попередні координати X і Y відповідно.

Використовуючи формули (2) проводиться розрахунок координат ПО на момент часу $t_{j-1} + \Delta t$, за умови, що ПО рухається прямолінійно і рівномірно, що дозволить спрогнозувати подальше поведіння ТГ і врахувати можливість її розпаду.

Для вирішення задач у координатному просторі використовується система координат (СК) у якій вісь Y збігається з курсом ПО або ТГ, а вісь X доповнює праву пару векторів.

Перехід у нову СК описується формулами:

$$\begin{aligned} X_{i+1} &= \cos(Q_i) * X_i - \sin(Q_i) * Y_i; \\ Y_{i+1} &= \sin(Q_i) * X_i + \cos(Q_i) * Y_i, \end{aligned} \quad (3)$$

де Q_i – курс ПО або ТГ.

Розрахунок основних параметрів ТГ, таких як розмір, швидкість та інші проводиться наступним чином.

Розрахунок просторових параметрів (довжина, ширина, висота, усереднена швидкість, усереднений курс, кількість ПО які входять у ТГ) ТГ представлений на рис. 3 та виразами (4).

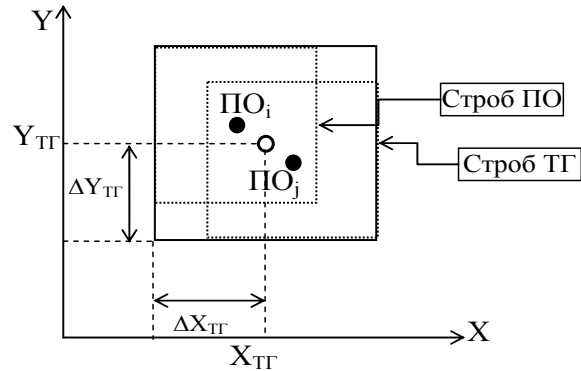


Рис. 3. Визначення просторових розмірів ТГ

$$X_{\text{ТГ}} = \frac{\min(X_{\text{ΠО}}) + \max(X_{\text{ΠО}})}{2};$$

$$Y_{\text{ТГ}} = \frac{\min(Y_{\text{ΠО}}) + \max(Y_{\text{ΠО}})}{2};$$

$$H_{\text{ТГ}} = \frac{\sum_{i=1}^N H_{i\text{ΠО}}}{N}; \quad V_{\text{ТГ}} = \frac{\sum_{i=1}^N V_{i\text{ΠО}}}{N}; \quad Q_{\text{ТГ}} = \frac{\sum_{i=1}^N Q_{i\text{ΠО}}}{N}; \quad (4)$$

$$C_{\text{ТГ}} = \sum C_{\text{ΠО}}; \quad T_{\text{ТГ}} = \max(\text{ТВО});$$

$$I_{\text{ТГ}} = \begin{cases} \text{ВП} \cup I_{\text{ΠО}} = \left(\begin{array}{l} \text{повітряний противник,} \\ \text{невизначений} \end{array} \right), \\ \text{КР} \cup I_{\text{ΠО}} = \text{крилата ракета} \end{cases}$$

де N – кількість ПО що входить у групу; $\min(Y_{\text{ΠО}})$ – мінімальне значення координати Y_{BO} для ПО, що ввійшли у ТГ; $\max(Y_{\text{ΠО}})$ – максимальне значення координати $Y_{\text{ΠО}}$ для ПО, що ввійшли у ТГ; $\min(X_{\text{ΠО}})$ – мінімальне значення координати $X_{\text{ΠО}}$ для ПО, що ввійшли у ТГ; $\max(X_{\text{ΠО}})$ – максимальне значення координати $X_{\text{ΠО}}$ для ПО, що ввійшли у ТГ;

$V_{ТГ}$ – усереднене значення швидкості для ТГ;
 $Q_{ТГ}$ – усереднене значення курсу для ТГ; $C_{ТГ}$ – сумарний склад ТГ; $T_{ТГ}$ – час локації ТГ.

Визначимо основні співвідношення згідно яких буде прийматися рішення про належність ПО до тієї або іншої ТГ:

Визначення попадання ПО у ТГ по осі X:

$$|X_{ПО} - X_{ТГ}| \leq \Delta X_{ТГ}. \quad (5)$$

Визначення попадання ПО у ТГ по осі Y:

$$|Y_{ПО} - Y_{ТГ}| \leq \Delta Y_{ТГ}. \quad (6)$$

Умова входження ПО у зону збільшення просторового строга ТГ по координатах, висоті, швидкості і курсові, з урахуванням збільшення просторового строга ПО:

$$|X_{ПО} - X_{ТГ}| + \Delta R_{ВО} \leq \Delta R_{ТГ}; \quad (7)$$

$$|Y_{ПО} - Y_{ТГ}| + \Delta R_{ПО} \leq \Delta R_{ТГ}; \quad (8)$$

$$|H_{ПО} - H_{ТГ}| \leq \Delta H; \quad (9)$$

$$|V_{ПО} - V_{ТГ}| \leq \Delta V; \quad (10)$$

$$|Q_{ПО} - Q_{\pi}| \leq \Delta Q; \quad (11)$$

$$I_{ПО} = \begin{cases} \text{повітряний противник або невизначений,} \\ \text{якщо } I_{ТГ} = \text{повітряний противник;} \\ \text{крилата ракета,} \\ \text{якщо } I_{ТГ} = \text{крилата ракета.} \end{cases} \quad (12)$$

Зважаючи на те, що під час виконання бойової задачі ПО можуть проводити індивідуальні дії, такі, наприклад, як прикриття, відволікаючий маневр і інші, та при виконанні цих дій ПО може вийти зі складу ТГ. На підставі наступних виразів приймається рішення про вихід ПО зі складу ТГ:

$$\begin{aligned} |X_{ПО} - X_{ТГ}| &> \Delta X_{ТГ} + \Delta R'_{ПО}, \\ |Y_{ПО} - Y_{ТГ}| &> \Delta Y_{ТГ} + \Delta R'_{ПО}, \\ |X_{ПО} - X_{ТГ}| + \Delta R_{ПО} &> \Delta R_{ТГ} + \Delta R'_{ТГ}, \\ |Y_{ПО} - Y_{ТГ}| + \Delta R_{ПО} &> \Delta R_{ТГ} + \Delta R'_{ТГ}, \\ |H_{ПО} - H_{ТГ}| &> \Delta H + \Delta H', \end{aligned} \quad (13)$$

$$|V_{ПО} - V_{ТГ}| > \Delta V + \Delta V',$$

$$|Q_{ПО} - Q_{ТГ}| > \Delta Q + \Delta Q',$$

$$I_{ВО} \neq \begin{cases} \text{повітряний противник або невизначений,} \\ \text{якщо } I_{ТГ} = \text{повітряний противник;} \\ \text{крилата ракета, якщо } I_{ТГ} = \text{крилата ракета.} \end{cases}$$

Висновки

Розробка методу розпізнавання ТГ повітряного противника дозволила формалізувати процедуру розпізнавання і розробити структуру даних для організації збереження даних про ТГ у вигляді бази даних для їхнього подальшого використання.

Запропонований апарат формалізації структури даних для збереження інформації про ТГ дозволяє розробити алгоритм, який реалізує процедуру розпізнавання ТГ. Напрямо подальших досліджень є розпізнавання класів повітряних об'єктів в складі тактичних груп в інтересах споживачів радіолокаційної інформації.

Список літератури

1. Неупокоев Ф.К. Противовоздушный бой / Ф.К. Неупокоев. – М.: Воениздат, 1989. – 262 с.
2. Неупокоев Ф.К. Стрельба зенитными ракетами. 3-е изд. перераб. и доп. / Ф.К. Неупокоев. – М.: Воениздат, 1991. – 343 с.
3. Торочин А.Я. Довідник з протиповітряної оборони / А.Я. Торочин, І.О. Романенко, Ю.Г. Даник, Р.С. Пащенко та ін. – К.: МО України, Х.: ХВУ, 2003. – 368 с.
4. Основы теории управления войсками / Под ред. П.К. Алтухова. – М.: Военное издательство, 1984.
5. Барвиненко В.В. О совершенствовании подготовки органов управления войсками (силами) ПВО / В.В. Барвиненко, Е.Г. Евменчик // Военная мысль. – 1997. – № 2. – С. 50-53.
6. Барынькин В.М. Проблемы развития системы управления на современном этапе / В.М. Барынькин // Военная мысль. – 1996. – № 4. – С. 29-32.
7. Ермошин М.О. Аеродинамічні цілі зенітних ракетних військ / М.О. Ермошин, В.М. Федай. – ХВУ, 2003. – 284 с.

Надійшла до редколегії 13.11.2008

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

МЕТОД РАСПОЗНАВАНИЯ ТАКТИЧЕСКИХ ГРУПП ВОЗДУШНОГО ПРОТИВНИКА

Ю.В. Стасев, М.И. Литвиненко

В статье рассмотрены вопросы разработки метода распознавания тактических групп (ТГ) воздушного противника, что позволило формализовать процедуру распознавания и разработку структуры данных для организации сохранения данных о ТГ в виде базы данных для их последующего использования. Предложенный аппарат формализации структуры данных для сохранения информации о ТГ позволяет разработать алгоритм, который реализует процедуру распознавания ТГ.

Ключевые слова: тактические группы воздушного противника, распознавание.

METHOD OF RECOGNITION OF TACTICAL GROUPS OF AIR OPPONENT

Ю.В. Stasev, M.I. Litvinenko

The article is dedicated development of method of recognition of tactical groups (TG) of air opponent, that allowed to formalize procedure of recognition and development of structure of data for organization of saving of information about TG as a database for their the subsequent use. Predlozhenyyu the vehicle of formalization of structure of data for saving of information about TG allows to develop an algorithm which will realize procedure of recognition of TG.

Keywords: tactical groups of air opponent, recognition.