

# Розвиток радіотехнічного забезпечення, АСУ та зв'язку Повітряних Сил

УДК 004.825

С.Б. Клімов

Академія Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

## ВРАХУВАННЯ ДИНАМІКИ ЗМІНИ ДАНИХ ПРО ПОВІТРЯНУ ОБСТАНОВКУ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ НАПРЯМКУ УДАРУ ЗАСОБІВ ПОВІТРЯНОГО НАПАДУ

*В статті запропонований метод визначення напрямку удару засобів повітряного нападу, який враховує динаміку зміни даних про повітряну обстановку на оперативному напрямку та може бути використаний при розробці підсистеми інформаційного забезпечення в перспективних автоматизованих системах керування військами.*

**Ключові слова:** управління, повітряний удар, оперативний напрямок, засоби повітряного нападу.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Однією із важливих складових процесу оцінки повітряної обстановки (ПО) як на етапі планування, так і в ході бойових дій є задача визначення напрямку удару засобів повітряного нападу (ЗПН) противника. При цьому найбільш складним питанням є врахування динаміки зміни даних про повітряну обстановку на оперативному напрямку. Основна складність при вирішенні цього питання полягає в тому, що ініціатива у виборі напрямків і способів дій належить противникові, тому необхідно враховувати такі статичні та динамічні дані [1]: характер дій противника; фактичне положення ЗПН противника в просторі в динаміці, а також само накопичені дані про положення ЗПН за весь період спостереження, що дасть можливість проводити прогноз розвитку обстановки і вчасно виявляти можливі її зміни; положення своїх об'єктів оборони; стан своїх сил і засобів; знання про ймовірні способи і прийоми ведення бойових дій повітряним противником. Також важливою умовою є те, що вирішення задачі визначення напрямку удару ЗПН на етапі безпосередньої підготовки до ведення бойових дій проводиться за обмежений час, в умовах високих інформаційних і психологічних навантажень на осіб, що приймають рішення (ОПР). Таким чином, розробка методу визначення напрямку удару засобів повітряного нападу який враховує динаміку зміни даних про повітряну обстановку на оперативному напрямку є актуальною.

**Аналіз останніх досліджень.** Різноманітні підходи до вирішення задачі визначення напрямку удару ЗПН були розглянуті в роботах [1 – 4]. У [1] розглянутий підхід до визначення характеру дій ЗПН, що передбачає розподіл всіх ЗПН противника на тактичні групи за рядом поведінкових ознак з урахуванням можливих об'єктів оборони, по яких можуть бути нанесені удари тактичними групами. При цьому всі ЗПН вважаються спостережуваними, інформація про просторове положення ЗПН не використовується.

Підхід, запропонований у [2], базується на застосуванні методу кластерного аналізу для групування ЗПН, а також визначення узагальненого напрямку їх дій. Однак у роботі розглянутий спрощений двовимірний випадок, де всі ЗПН відображаються на екрані й мають площинні координати (x, y), а також не враховуються знання про тактику застосування ЗПН. У методах, запропонованих в [3, 4], не передбачений аналіз просторового положення повітряних об'єктів щодо меж зони відповідальності та визначених оперативно-тактичних напрямів відповідальності, та не враховується значення платності повітряних об'єктів на кожному з напрямів.

Проведений аналіз літератури показує, що існуючі методи визначення напрямків ударів ЗПН не дозволяють повною мірою описати процес вирішення задачі визначення напрямку удару ЗПН з урахуванням динаміки зміни повітряної обстановки.

**Мета статті:** запропонувати метод визначення напрямку удару засобів повітряного нападу, який враховує динаміку зміни даних про повітряну обстановку на оперативному напрямку та може бути використаний при розробці підсистеми інформаційного забезпечення в перспективних автоматизованих системах керування військами.

### Результати досліджень

При проведенні оцінки обстановки необхідно визначити всі умови, що можуть вплинути на хід бойових дій, а також установити причинно-наслідкові зв'язки всіх її елементів, характер впливу на вирішення бойової задачі, розкрити тенденції й закономірності розвитку обстановки. Введемо такі позначення даних, що будуть використовуватись при формалізації процесу: про ЗПН відомі  $\vec{a}(x_a, y_a, z_a, Q_a, v_a)$ , де  $x_a, y_a, z_a$  – координати повітряного об'єкта,  $Q_a$  – курс повітряного об'єкта,  $v_a$  – швидкість повітряного об'єкта; відомі дані про ширину й глибину ділянки прориву ППО [1]  $S = (s_{ш}, s_r)$ . Тоді можна задати «габарити» просто-

рового строба, у якому можлива побудова одного удару  $M(m_{ш}, m_h)$ , при цьому  $m_{ш} = s_{ш}$ , а  $m_h$  визначається бойовими можливостями ЗПН.

Використовуючи метод, запропонований в монографії [1], проведемо групування ЗПН з урахуванням того, що відомі інтервали й дистанції між ЗПН ( $C = (c_{п}, c_3, c_{тг})$ ,  $D = (d_{п}, d_3, d_{тг})$ ), що діють як окремо, так і в складі пар, ланок і тактичних груп. Таким чином, надалі при визначенні спільної дії ЗПН у межах «габариту» масованого удару спільно можливий розгляд як окремих ЗПН, так ТГ ЗПН.

Аналіз тактики дій імовірного противника при проведенні ударів різнорідних ЗПН показує, що удар містить у собі ешелон прориву (придушення) системи ППО й ударний ешелон [1]. Для успішного прольоту авіації противник передбачає пробити в смугі оборони Повітряних Сил кілька коридорів шириною  $s_{ш}$  на глибину  $s_r$ . Аналіз даних, що характеризують повітряні об'єкти, показує, що при визначенні напрямків ударів ЗПН можливе застосування методів кластерного аналізу [4], які ґрунтуються на критерії мінімуму відстані між об'єктами, з урахуванням просторових характеристик можливого повітряного удару й динаміки зміни повітряної обстановки. Надалі поставимо у відповідність кожному кластеру, що описує множину ЗПН, один з напрямків, на якому вони діють, і будемо розглядати кластер, що складається з підкластерів, кожному з яких відповідають певні ешелони. Задамо процедуру розмежування множини ЗПН на кластери. Нехай задані параметри масованого удару  $M(m_{ш}, m_h)$  й параметри ешелонів в ударі  $E((e_{ш}^1, e_h^1), \dots, (e_{ш}^p, e_h^p))$ . При виявленні нового (першого) ЗПН  $\bar{a}_j$  вважаємо його як першим об'єктом кластера  $\Gamma_1$  із границями  $(e_{ш}^1, e_h^1) \in M(m_{ш}, m_h)$ , так і центром кластера. При виявленні наступних ЗПН перевіряємо можливість об'єднання їх у ТГ.

Якщо таке об'єднання можливо, то надалі розглядаємо дану ТГ як єдиний об'єкт з узагальненими характеристиками. Далі шукаємо відстань між виявленими об'єктами для перевірки умов додавання об'єктів до кластера з використанням такого співвідношення:

$$r_{j,j+1} = |(\hat{\Gamma}_{1x}, \hat{\Gamma}_{1y}, \hat{\Gamma}_{1z}) - (a_{jx}, a_{jy}, a_{jz})|, \quad (1)$$

де  $(\hat{\Gamma}_{1x}, \hat{\Gamma}_{1y}, \hat{\Gamma}_{1z})$  – геометричний центр кластера  $\Gamma_1$ .

Після цього знаходимо геометричний центр даного кластера ( $a_j \in \Gamma_1$ ):

$$\hat{\Gamma}_1(\hat{\Gamma}_{1x}, \hat{\Gamma}_{1y}, \hat{\Gamma}_{1z}) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (a_{jx}, a_{jy}, a_{jz}), \quad (2)$$

при цьому  $r_{\hat{\Gamma}_1, a_j} > r_{\hat{\Gamma}_2, a_j}$ , якщо  $a_j \in \Gamma_1$ , інакше  $r_{\hat{\Gamma}_1, a_j} < r_{\hat{\Gamma}_2, a_j}$ . Далі визначаємо середню швидкість ЗПН у розглянутому кластері ( $a_j \in \Gamma_1$ ):

$$\hat{\Gamma}_1(v) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (v_{a_j}), \quad (3)$$

Спочатку центр кластера пов'язаний з першим об'єктом. Надалі перераховується для всіх об'єктів, що потрапили в даний кластер, і виробляється перевірка влучення в кластер із центром  $\hat{\Gamma}_1$  і характеристиками підкластера  $(e_{ш}^1, e_h^1)$ .

Після чого перевіряється умова приналежності даних ЗПН (ТГ) кластеру  $M(m_{ш}, m_h)$ :

$$m_{ш \min} \leq a_{jx} \leq m_{ш \max}; \quad (4)$$

$$m_{h \min} \leq a_{jz} \leq m_{h \max}. \quad (5)$$

Якщо об'єкт  $\bar{a}_j$  не задовольняє умови (4) – (5), тоді утворюється новий кластер  $\Gamma_2$ , до якого й зараховується даний об'єкт. Об'єкти, які не задовольняють умову (8), але задовольняють умову (9), можна вважати приналежними до  $\Gamma_1$  й виконувачими демонстративні або відволікаючі дії, а в умовах постановки завдань на ділянці  $m_{ш}$  показують, що на даній ділянці можливе формування удару.

Далі для всіх об'єктів  $\bar{a}_j$ , що потрапили в кластер  $\Gamma_g$ , розраховується узагальнений курс (напрямок руху) об'єктів, об'єднаних у рамках кластерів:

$$\alpha_{\Gamma_g} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Q_{a_j}. \quad (6)$$

Така процедура виконується для всіх виявлених кластерів і підкластерів ЗПН. При виявленні декількох кластерів ЗПН перевіряється можливість їх об'єднання в рамках одного кластера. Якщо вектори, які характеризують узагальнений курс руху  $\alpha_{\Gamma_1}, \alpha_{\Gamma_2}$  і належать кластерам  $\Gamma_1, \Gamma_2$ , перетинаються до входу в зону ураження конфронтуючого об'єднання ПС, то дані кластери можуть об'єднатися або діяти спільно на двох сусідніх ділянках.

Для перевірки даної умови будується одиничний вектор  $\bar{e}_{\Gamma_g}$  [4] для кожного кластера:

$$\bar{e}_{\Gamma_g} (\cos(\alpha_{\Gamma_g}), \sin(\alpha_{\Gamma_g})). \quad (7)$$

У випадку, якщо вектори колінеарні, а за умови урахування помилок виміру, якщо їх курси практично збігаються, то:

$$\theta_{\min} \leq \cos(\alpha_{\Gamma_1}) \cdot \sin(\alpha_{\Gamma_2}) - \sin(\alpha_{\Gamma_1}) \cdot \cos(\alpha_{\Gamma_2}) \leq \theta_{\max}. \quad (8)$$

При виконанні цієї умови приймається рішення про те, що кластери незалежні, при цьому значення  $\theta_{\min}, \theta_{\max}$  задаються експертами. Якщо вектори не колінеарні, перевіряється умова можливості їх перетину. Для цього вираховується кут  $\tau$  між векторами  $\bar{e}_{\Gamma_g}$ . Якщо його значення лежить в інтервалі від 0 до 90 градусів, то перетин можливий:

$$\arccos(\tau) = \bar{e}_{\Gamma_1} \cdot \bar{e}_{\Gamma_2} / (|\bar{e}_{\Gamma_1}| \cdot |\bar{e}_{\Gamma_2}|). \quad (9)$$

Якщо ці умови не виконуються одночасно, тоді ухвалюється рішення, що два кластери не перетинаються й надалі їх необхідно розглядати окремо.

Для перевірки умови можливості перетину узагальнених курсів ЗПН, що належать кластерам  $\Gamma_1$ ,

$\Gamma_2$ , необхідно вирішити таку задачу: нехай відомі координати точок  $\Gamma_1$ ,  $\Gamma_2$ , узагальнені курси ЗПН у розглянутих кластерах  $\alpha_{\Gamma_1}$  і  $\alpha_{\Gamma_2}$ . З'являється можливість визначити перелік об'єктів оборони, знищення яких дозволить противникові досягти поставлених цілей у кожному з ударів. Для цього задамо множину задач  $Z$  таким чином:

$$Z(z_s), s = \overline{1, S}. \quad (10)$$

Множина цілей, переслідуваних противником при проведенні масованих ударів, задається як

$$C(c_r), r = \overline{1, R}. \quad (11)$$

Множина об'єктів оборони представляється як

$$O(o_v), v = \overline{1, V}. \quad (12)$$

Множину задач, вирішення яких необхідно для досягнення цілі  $c_r$ , задається як [4]:

$$\mu_{c_r} : c_r \xrightarrow{s=1, S} z_s, \quad (13)$$

який породжує підмножину  $Z_1^{c_r} \in Z$ , що включає множину задач  $Z_1^{c_r} (z_1^{c_r}, \dots, z_k^{c_r})$ , вирішення яких необхідно для досягнення цілі  $c_r$  в розглянутому ударі.

Визначення морфізму переліку об'єктів оборони, до знищення яких противник буде прагнути, вирішуючи задачу  $Z_u^{c_r}$ ,  $u = \overline{1, U}$  для досягнення цілей  $c_r$ :

$$\mu_{Z_u^{c_r}} : z_t^{c_r} \xrightarrow{t=1, k} o_v, \quad (14)$$

дозволяє оперативно-тактичний напрямок у загальному випадку описати як

$$\begin{cases} y(x_{j3} - x_{j2}) - x(y_{j3} - y_{j2}) - y_{j2}x_{j3} + y_{j3}x_{j2} \geq 0; \\ y(x_{j1} - x_{j2}) - x(y_{j1} - y_{j2}) - y_{j2}x_{j1} + y_{j1}x_{j2} \leq 0; \\ y(x_{j4} - x_{j3}) - x(y_{j4} - y_{j3}) - y_{j3}x_{j4} + y_{j4}x_{j3} > 0, \end{cases} \quad (15)$$

де  $x, y \in T$ ;  $T$  – оперативно-тактичний напрямок.

Таким чином, розподіл усього простору на ОТН необхідно виконати так, щоб прями, які його обмежують, одночасно були сторонами сусідніх напрямків. Повітряний простір (ПП) можна описати як об'єднання всіх оперативно-тактичних напрямків

$$ПП = \cup T_i, \quad (16)$$

де  $T_i$  –  $i$ -й оперативно-тактичний напрямок.

Вищенаведене дозволяє враховувати динаміку процесу, при цьому як вихідні дані для вирішення

задачі визначення напрямків масованого застосування ЗПН візьмемо такі:

$$\bar{a}(x_a, y_a, z_a, Q_a, v_a), S = (s_{ш}, s_r), M(m_{ш}, m_h),$$

$$C = (c_{п}, c_3, c_{тг}), D = (d_{п}, d_3, d_{тг}),$$

$$Z(z_s), s = \overline{1, S}, C(c_r), r = \overline{1, R}, O(o_v), v = \overline{1, V}, T_j, S_{T_j},$$

а також номер удару на даному напрямку, втрати противника в попередньому ударі й ін.

## Висновки

Розроблений метод визначення напрямку удару засобів повітряного нападу, який, на відміну від існуючих, враховує динаміку зміни даних про повітряну обстановку на оперативному напрямку. Метод також дозволяє проводити врахування цілей, переслідуваних противником при нанесенні удару, одержати перелік можливих об'єктів оборони, до знищення яких буде прагнути противник та може бути використаний при розробці підсистеми інформаційного забезпечення в перспективних автоматизованих системах керування військами.

**Перспектива подальших досліджень** у цьому напрямі – розробка програмної реалізації даного методу, яка буде безпосередньо пов'язаною в реальному часі з відповідною базою знань.

## Список літератури

1. Моделирование бойових дій войск (сил) протиповітряної оборони та інформаційне забезпечення процесів управління ними / В.П. Городнов, Г.А. Дробаха, М.О. Єрмошин, Є.Б. Смірнов, В.І. Ткаченко. – Х.: ХВУ, 2004. – 409 с.
2. Низиенко Б.И. Метод формализации знаний, содержащих модальности для экспертных систем реального времени // Системы обработки информации / Б.И. Низиенко, М.А. Павленко, П.Г. Бердник. – Х.: ХВУ, 2004. – Вып. 10 (38). – С. 117-125.
3. Павленко М.А. Разработка процедуры многоэтапной формализации знаний для экспертных систем реального времени / М.А. Павленко // Системы обработки информации. – Х.: ХВУ, 2004. – Вып. 9 (37). – С. 124-133.
4. Павленко М.А., Метод определения направления удара ЗПН в границах оперативного направления / М.А. Павленко, А.В. Сисков, А.В. Перепелица, В.Н. Руденко // Моделирование та інформаційні технології. – К.: НАНУ, ІПМЕ, 2005. – Вып. 33. – С. 112-121.

Надійшла до редколегії 11.05.2011

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

## УЧЕТ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ДАННЫХ О ВОЗДУШНОЙ ОБСТАНОВКЕ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ НАПРАВЛЕНИЯ УДАРА СРЕДСТВ ВОЗДУШНОГО НАПАДЕНИЯ

С.Б. Климов

*В статье предложен метод определения направления удара средств воздушного нападения, который учитывает динамику изменения данных о воздушной обстановке на оперативном направлении и может быть использован при разработке подсистемы информационного обеспечения в перспективных автоматизированных системах управления войсками.*

**Ключевые слова:** управление, воздушный удар, оперативное направление, средства воздушного нападения.

## ACCOUNT OF DYNAMICS OF CHANGE OF INFORMATION ABOUT AN AIR SITUATION AT DIRECTIONFINDING BLOW OF FACILITIES OF AIR ATTACK

S.B. Klimov

*The method of directionfinding blow of facilities of air attack is offered in the article, which takes into account the dynamics of change of information about an air situation on operative direction and can be used for development of subsystem of the informative providing in perspective automated control the system by troops.*

**Keywords:** management, air blow, operative direction, facilities of air attack.