

УДК 004.825

М.А. Павленко<sup>1</sup>, В.К. Медведєв<sup>2</sup>, П.Г. Берднік<sup>3</sup>, Р.В. Сафронов<sup>1</sup><sup>1</sup> Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків<sup>2</sup> Національний університет оборони України, Київ<sup>3</sup> Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків

## МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКІВ УДАРУ ЗАСОБІВ ПОВІТРЯНОГО НАПАДУ НА ОПЕРАТИВНОМУ НАПРЯМКУ

У даній статті запропонований метод формалізації процесу вирішення задачі визначення напрямку удару засобів повітряного нападу на оперативному напрямку для підсистеми інформаційного забезпечення в перспективних автоматизованих системах управління складними об'єктами.

**Ключові слова:** формалізація процесу управління, повітряний удар, оперативний напрямку.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Рішення задачі визначення напрямків удару ЗПН противника на оперативному напрямку є однією з складових процесу оцінки повітряної обстановки (ПО) як на етапі планування, так й у ході бойових дій. Основна складність рішення даної задачі полягає в тому, що ініціатива у виборі напрямків і способів дій належить противникові. У зв'язку із цим необхідно враховувати [1]:

характер дій противника;

фактичне положення засобів повітряного нападу (ЗПН) противника в просторі;

положення своїх об'єктів оборони;

стан своїх сил і засобів;

знання про ймовірні способи і прийоми ведення бойових дій повітряним противником.

Таким чином, розробка методу формалізації процесу вирішення задачі визначення напрямку удару ЗПН з метою автоматизації цього процесу є актуальною.

**Аналіз літератури.** Підходи до вирішення задачі визначення напрямку удару ЗПН були розглянуті в роботах [1 – 8].

Так у роботах [1, 2] розглянутий підхід до визначення характеру дій ЗПН, що передбачає розподіл всіх ЗПН противника на тактичні групи по ряду поведінкових ознак з урахуванням можливих об'єктів оборони, по яких можуть бути нанесені удари тактичними групами.

У роботі [3] розглянута можливість використання при рішенні задач розпізнавання сформованої тактичної обстановки читаючих автоматів, які оцінюють положення оцінок від повітряних об'єктів за інформацією представленою на засобах відображення інформації КП і надають інформацію ОПП про можливість небезпеки.

У роботі [6] запропонований підхід до рішення задачі визначення напрямків ударів ЗПН противника. Даний підхід базується на застосуванні методу кластерного аналізу для групування ЗПН, а так само визначення узагальненого напрямку їхніх дій.

Однак у роботі розглянутий спрощений двовимірний випадок, де всі ЗПН відображаються на екрані й мають площинні координати (x,y). Так само вважається, що всі повітряні об'єкти перебувають у зоні спостереження засобів розвідки, що є спрощенням реальної повітряної обстановки.

У роботі [8] запропонований метод визначення напрямку удару ЗПН. Основні недоліки запропонованого методу: не передбачений аналіз просторового положення повітряних об'єктів, щодо меж зони відповідальності та визначених оперативно-тактичних напрямків відповідальності.

Проведений аналіз літератури показує, що існуючі методи визначення напрямків ударів ЗПН не дозволяють повною мірою описати процес рішення задачі визначення напрямку удару ЗПН з урахуванням динаміки зміни повітряної обстановки, накопичення інформації про дії ЗПН, а так само не повному обсязі використати знання про можливості противника, його можливих цілях і задачах, просторових межах напрямків відповідальності.

Зазначене свідчить на користь актуальності розробки методу формалізації процесу визначення напрямків ударів ЗПН на оперативному напрямку.

**Мета статті.** Викласти метод вирішення задачі визначення напрямків ударів ЗПН на оперативному напрямку, що враховує просторове положення ЗПН, знання про правила побудови повітряних ударів, цілях і задачах, розв'язуваних противником в ударі, динаміку зміни даних про повітряну обстановку та просторовий розподіл меж відповідальності.

## Основна частина

При розробці методу оцінки напрямку удару ЗПН введемо ряд припущень й обмежень [5-8]:

1. Противник діє цілеспрямовано й прагне до досягнення своїх цілей.
2. Основною метою дій ЗПН противника є знищення об'єктів ППО, об'єктів, що прикривають ППО, і авіації в повітрі.
3. Противник керується накопиченим досвідом ведення бойових дій, що уможливило використання даного досвіду при розробці методу формалізації знань про процес вирішення задачі визначення напрямку удару ЗПН.
4. Противник намагається мінімізувати свої втрати в кожному повітряному ударі.
5. Противник керується нормативами [3] при побудові повітряних ударів, і ці дані використовуються при визначенні напрямків повітряних ударів.
6. Вихід до об'єктів удару повітряний противник здійснює найкоротшим шляхом. При прориві системи ППО на початку вогневого впливу побудова удару не порушується доти, поки ЗПН не досягли певної точки розльоту по об'єктах.

Керуючись даними припущеннями й обмеженнями, перейдемо до розробки методу визначення напрямків ударів ЗПН на оперативному напрямку, що буде містити в собі наступні складові:

нехай відомі наступні дані про ЗПН  $\bar{a}(x_a, y_a, z_a, Q_a, v_a)$ , де  $x_a, y_a, z_a$  – координати повітряного об'єкта,  $Q_a$  – курс повітряного об'єкта,  $v_a$  – швидкість повітряного об'єкта;

нехай також відомі дані про ширину й глибину ділянки прориву ППО [3]  $S = (s_{ш}, s_r)$ . Тоді можна задати «габарити» просторового стробу, у якому можлива побудова одного удару  $M(m_{ш}, m_h)$ , при цьому  $m_{ш} = s_{ш}$ , а  $m_h$  – визначається бойовими можливостями ЗПН.

Значення даних параметрів вводяться в систему розпізнавання можливих напрямків ударів ЗПН на етапі її настроювання або безпосередньо при її використанні.

Використовуючи метод, запропонований в [1], проведемо групування ЗПН із врахуванням того, що відомі інтервали й дистанції між ЗПН –  $C = (c_1, c_3, c_{тр})$ ,  $D = (d_1, d_3, d_{тр})$ , що діють як окремо, так й у складі пар, ланок і тактичних груп.

Таким чином, надалі при визначенні спільної дії ЗПН в межах «габариту» масованого удару спільно можливий розгляд як окремих ЗПН, так ТГ ЗПН.

Математична постановка задачі зводиться до наступного: необхідно серед множини ЗПН:

$$A = (\bar{a}_j), \quad j = \overline{1..N} \quad (1)$$

виділити такі підмножини:

$$\Gamma_1, \dots, \Gamma_g, \quad (2)$$

для яких будуть виконуватися умови:

а) підмножини не перетиналися, тобто

$$\Gamma_k \cap \Gamma_l = 0, \quad \text{якщо } k \neq l. \quad (3)$$

б) будь-який елемент із (1) належить лише одній підмножині з (4), тобто

$$\bigcup_{i=1}^g \Gamma_i = A, \quad (4)$$

при цьому кожна підмножина  $\Gamma_i$  складається лише з «найбільш близьких об'єктів».

Аналіз даних, що характеризують повітряні об'єкти, показує, що при визначенні напрямків ударів ЗПН із врахуванням необхідності виконання умов (1) – (4) можливе застосування методів кластерного аналізу [4, 8] заснованих на критерії мінімуму відстані між об'єктами. 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.

Процедуру розмежування множини ЗПН на кластери можна представити в такий спосіб:

нехай задані параметри масованого удару  $M(m_{ш}, m_h)$  й параметри ешелонів в ударі  $\mathcal{E}((\mathcal{e}_{ш}^1, \mathcal{e}_h^1), \dots, (\mathcal{e}_{ш}^p, \mathcal{e}_h^p))$ .

При виявленні нового (першого) ЗПН  $\bar{a}_j$  вважаємо його першим об'єктом кластера  $\Gamma_1$  із границями  $(\mathcal{e}_{ш}^1, \mathcal{e}_h^1) \in M(m_{ш}, m_h)$  (рис. 1) і вважаємо його центром кластера.

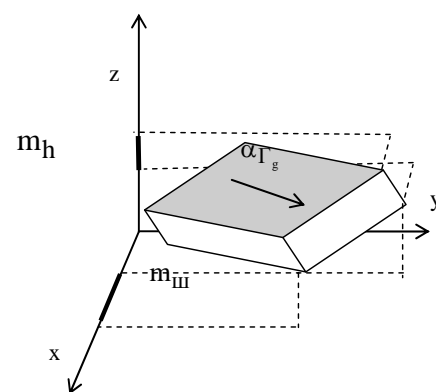


Рис. 1. Графічна інтерпретація принципу відбору об'єктів в склад кластеру

При виявленні наступних ЗПН перевіряємо можливість об'єднання їх у ТГ [8].

Далі шукаємо відстань між виявленими об'єктами для перевірки умов додавання об'єктів до кластеру з використанням наступного співвідношення:

$$r_{j,j+1} = \left| (\hat{\Gamma}_{1x}, \hat{\Gamma}_{1y}, \hat{\Gamma}_{1z}) - (a_{jx}, a_{jy}, a_{jz}) \right|, \quad (5)$$

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

Після чого знаходимо геометричний центр даного кластера:

$$\hat{\Gamma}_1(v) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (v_{a_j}), \text{ для всіх } a_j \in \Gamma_1. \quad (6)$$

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

$$m_{ш\min} \leq a_{jx} \leq m_{ш\max}; \quad (7)$$

$$m_{h\min} \leq a_{jz} \leq m_{h\max}. \quad (8)$$

Якщо об'єкт  $\bar{a}_j$  не задовольняє умовам (7) – (8), тоді утворюється новий кластер  $\Gamma_2$ , до якого й зараховується даний об'єкт. Об'єкти, які не задовольняють умові (8), але задовольняють умові (9), можна вважати приналежними до  $\Gamma_1$  й виконуючі демонстративні або відволікаючі дії, а в умовах постановки перешкод, 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 рух) об'єктів, об'єднаних у рамках кластерів:

$$\alpha_{\Gamma_g} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Q_{a_j}, \quad (9)$$

який і приймається за напрямок рух даного кластера.

Така процедура виконується для всіх виявлених кластерів і підкластерів ЗПН.

При виявленні декількох кластерів ЗПН перевіряється можливість їхнього об'єднання в рамках одного кластера (рис. 1).

Для більше повного обліку факторів, що впливають на вибір противником напрямків ударів ЗПН, необхідно врахувати задачі, розв'язувані противником у кожному масованому ударі, а також цілі, які противник планує досягти в кожному ударі [1]. З'являється можливість визначити перелік об'єктів оборони, знищення яких дозволить противникові досягти поставлених цілей у кожному з ударів.

Для цього необхідно формалізувати знання про множину задач, розв'язуваних противником. Задамо цю множину задач  $Z$  у такий спосіб:

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

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, рішення яких необхідно для досягнення цілі  $c_r$ , можна задати морфізмом  $\mu_{c_r}$  наступного виду [6, 7]:

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

який породжує підмножину  $Z_1^{c_r} \in Z$ , що включає множину задач  $Z_1^{c_r} (z_1^{c_r}, \dots, z_k^{c_r})$ , рішення яких необхідно для досягнення цілі  $c_r$  в розглянутому ударі й залежить від номера удару (перший, другий і т.д.), а також від результатів, досягнутих противником у попередньому ударі.

Таким чином, можна задати морфізм, що визначає перелік об'єктів оборони до знищення яких противник буде прагнути, вирішуючи задачі  $Z_u^{c_r}, u = \overline{1.U}$  для досягнення цілей  $c_r$ :

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

Після чого визначається множина об'єктів оборони, які противник планує знищити при  $Z_u^{c_r}$ , як  $O_f(o_1^{z_u^{c_r}}, \dots, o_c^{z_u^{c_r}})$ .

Далі перевіряємо, чи попадають об'єкти з множини  $O_f$  у смугу прориву ЗПН.

Зважаючи на особливості побудови сил ППО [1] й динаміку зміни повітряної обстановки доцільно весь повітряний простір розбити на оперативно-тактичні напрямки.

Оперативно тактичний напрямок у загальному випадку описується як деяка область у просторі, обмежена двома прямими. Для математичної формалізації пропонується описувати ОТН у виді деякого просторового сектора, обмеженого трьома прямими або чотирма точками  $[(x_{j1}, y_{j1}), (x_{j2}, y_{j2}), (x_{j3}, y_{j3}), (x_{j4}, y_{j4})]$ . При цьому з однієї сторони  $j$  – сектор є відкритим і обмежується тільки прямими утвореними точками  $[(x_{j1}, y_{j1}), (x_{j2}, y_{j2}), (x_{j3}, y_{j3}), (x_{j4}, y_{j4})]$ .

Математично напрямок можна представити 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  $x, y, T$  – оперативно-тактичний напрямок.

Повітряний простір можна описати як об'єднання всіх оперативно-тактичних напрямків

$$ВП = \bigcup_i T_i, \quad (16)$$

де  $T_i$  – оперативно-тактичний напрямок.

Оцінка повітряної обстановки проводиться з метою одержання кількісних характеристик і фор-

мулювання висновків, необхідних для ухвалення рішення на бойові дії (бойове застосування).

## **Висновки**

Розроблений у даній статті метод формалізації процесу вирішення задачі визначення напрямків ударів ЗПН противника на оперативному напрямку відрізняється від відомих обліком, поряд із просторовими характеристиками повітряних об'єктів, так само знань про побудову ЗПН в ударі та про розподіл простору на межі відповідальності та інтенсивність дії на них ЗПН.

Так само реалізований облік цілей, переслідуваних противником при нанесенні удару, розв'язуваних при цьому тактичних завдань, і одержання переліку можливих об'єктів оборони, до знищення яких буде прагнути противник.

## **Список літератури**

1. *Модельовання бойових дій військ (сил) протиповітряної оборони та інформаційне забезпечення процесів управління ними / В.П. Городнов, Г.А. Дробаха, М.О. Єрмошин, Є.Б. Смірнов, В.І. Ткаченко. – Харків: ХВУ, 2004. – 409 с.*
2. *Средства воздушно-космического нападения противника и их характеристики как целей для ПВО / Под ред. В.К. Стрельникова. – Х.: ВИРТА, 1987. – 372 с.*
3. *Робочі матеріали НДР «Розробка системотехнічних та програмних засобів комплексу засобів автоматизації КП Військ ППО» («Ореанда-2000»). ОНДІ ЗС. –*

*Х., 2004. – 96 с.*

4. *Анисимов Б.В. Распознавание и цифровая обработка изображений / Б.В. Анисимов, В.Д. Курганов, В.К. Злобин. – М.: Высш. шк., 1983. – 295 с.*

5. *Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике / М.Я. Выгодский. – М.: Наука, 1972. – 872 с.*

6. *Павленко М.А. Прокладка маршрута движения воздушного объекта в разнородных зонах воздушного пространства / М.А. Павленко // Системы обработки информации. – Харків: ХУ ПС, 2014. – Вып. 6(122). – С. 67-70.*

7. *Павленко М.А. Разработка процедуры многоэтапной формализации знаний для экспертных систем реального времени // Системы обработки информации. – Харків: ХВУ, 2004. – Вып. 9(37). – С. 124-133.*

8. *Павленко М.А. Процесс управления винищувачами в перспективных автоматизованих системах управління / М.А. Павленко, О.К. Шейгас, М.М. Петрушенко // Системы озброєння і військова техніка. – Харків: ХУ ПС. – 2014. – №. 1(37). – С. 65-67.*

*Надійшла до редколегії 12.09.2016*

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

## **МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЙ УДАРА СРЕДСТВ ВОЗДУШНОГО НАПАДЕНИЯ НА ОПЕРАТИВНОМ НАПРАВЛЕНИИ**

М.А. Павленко, В.К. Медведев, П.Г. Бердник, Р.В. Сафронов

*В данной статье предложен метод формализации процесса решения задачи определения направления удара средств воздушного нападения на оперативном направлении для подсистемы информационного обеспечения в перспективных автоматизированных системах управления сложными объектами.*

**Ключевые слова:** *формализация процесса управления, воздушный удар, оперативное направление, распознавание.*

## **METHOD FOR DETERMINING DIRECTION OF IMPACT OF AIR ATTACKS ON OPERATIONAL DIRECTION**

M.A. Pavlenko, V.K. Medvedev, P.G. Berdник, R.V. Safronov

*In this article the method of formalizing the process of solving the problem of determining the direction impact of air attacks on the operational direction of the subsystem to provide information to prospective automated systems of complex objects.*

**Keywords:** *formalization process management, air strike, operational direction.*