

УДК 004.825

М.А. Павленко¹, В.О. Корнєєв², В.Є. Герасимов¹

¹Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

²В/ч А1656

МЕТОД ФОРМАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ВИРІШЕННЯ ЗАДАЧІ ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКІВ УДАРУ ЗАСОБІВ ПОВІТРЯНОГО НАПАДУ НА ОПЕРАТИВНОМУ НАПРЯМКУ

Використання сучасних підходів до побудови засобів автоматизації, що застосовуються у військах дозволяє використовувати при побудові спеціального математичного та програмного забезпечення сучасних методів вирішення задач, які раніше вирішувалися лише особами бойової обслуги. У даній статті запропонований метод формалізації процесу вирішення задачі визначення напрямку удару ЗПН на оперативному напрямку для підсистеми інформаційного забезпечення в перспективних автоматизованих системах керування складними об'єктами. Використання такого підходу дозволить застосовувати при плануванні бойової підготовки не тільки вимоги керівних документів, але й досвід, знання особливості підготовки фахівців різного профілю.

Ключові слова: кластерний аналіз, модель знань, удар.

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 (його задум, цілі, задачі, можливі способи їхнього виконання);

фактичне положення засобів повітряного нападу (ЗПН) противника в просторі в теперішній момент часу, а так само накопичені дані про положення ЗПН за весь період спостереження, що дасть можливість проводити прогноз розвитку обстановки й 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.

Слід зазначити, що рішення 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), а так само на осіб відповідальних за збір, обробку й попередню оцінку інформації про повітряну обстановку.

Таким чином, розробка методу формалізації процесу вирішення задачі визначення напрямку удару ЗПН з метою автоматизації цього процесу є актуальною. Результати автоматизованого рішення даної задачі можуть бути основою ухвалення рішення ОПР про найбільш імовірний напрямок дій противника на оперативному напрямку, а так само дозволять одержати дані для аналізу множини можливих варіантів розвитку обстановки на оперативному напрямку.

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. При цьому всі ЗПН вважаються спостережуваними, інформація про просторове положення ЗПН не використовується, знання про цілі і задачі противника не враховуються. Спільна погоджена дія тактичних груп не розглядається, інформація про напрямок удару, про його просторове положення не визначається.

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 представленої на засобах відображення інформації КП, і надають інформацію ОПР про можливу небезпеку. Даний підхід дозволяє визначити наявність у повітряному просторі ЗПН противника й інформувати ОПР про необхідність рішення задач оцінки ПО, при цьому, задача збору й обробки інформації про повітряну обстановку, визначення напрямку удару покладає на ОПР.

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. На жаль, у даній роботі не враховуються знання про тактика застосування ЗПН, правила побудови повітряних ударів, цілях і

задачах, розв'язуваних противником у кожному з повітряних ударів [7].

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 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 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.

Ціль статті. Викласти суть методу формалізації процесу 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

Для 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.

При розробці методу оцінки напрямку удару ЗПН введемо ряд припущень й обмежень [5, 7]:

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] $S = (s_{ш}, s_{г})$. Тоді можна задати «габарити» просторового строю, у якому можлива побудова одного удару $M(m_{ш}, m_{г})$, при цьому $m_{ш} = s_{ш}$, а $m_{г}$ – 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 – $C = (c_{п}, c_{з}, c_{тг})$, $D = (d_{п}, d_{з}, d_{тг})$, 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 (2.24) належить лише одній підмножині з (4), тобто

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

при цьому кожна підмножина Γ_i складається лише з «найбільш близьких об'єктів».

Аналіз тактики дій імовірного противника при проведенні ударів різнорідних ЗПН показує, що удар містить у собі ешелон прориву (придушення) системи ППО й ударний ешелон [10 – 12]. Для успішного прольоту авіації противник передбачає пробити в смугі оборони Повітряних Сил кілька коридорів шириною $s_{ш}$ на глибину $s_{г}$.

Тоді, при визначенні напрямків удару ЗПН необхідно враховувати наступні фактори:

ЗПН у масованому ударі діють у складі ТГ [1, 2];

ТГ діють у складі ешелону прориву або самостійно [1 – 3], що визначає необхідність рішення задачі розпізнавання ешелонів удару, з урахуванням можливих інтервалів між ешелонами.

Напрямок удару ЗПН містить у собі ТГ, окремі ЗПН, ешелони різного призначення з обліком їх можливих просторових характеристик. Аналіз даних, що характеризують повітряні об'єкти, показує, що при визначенні напрямків ударів ЗПН із урахуванням необхідності виконання умов (1) – (5) можливе застосування методів кластерного аналізу [4, 8] заснованих 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.

Процедуру розмежування множини ЗПН на кластери можна представити таким чином: 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 Γ_1 із границями $(\mathcal{E}_{ш}^1, \mathcal{E}_h^1) \in M(m_{ш}, m_h)$ (рис. 1) і вважаємо його центром кластера; при виявленні наступних ЗПН перевіряємо можливість об'єднання їх у ТГ [8]; 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 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 Γ_1 .

Після чого знаходимо геометричний центр даного кластера: (для всіх $a_j \in \Gamma_1$)

$$\hat{\Gamma}_1(\hat{\Gamma}_{1x}, \hat{\Gamma}_{1y}, \hat{\Gamma}_{1z}) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (a_{jx}, a_{jy}, a_{jz}), \quad (6)$$

та $r_{\hat{\Gamma}_1, a_j} > r_{\hat{\Gamma}_2, a_j}$, якщо $a_j \in \Gamma_1$ й $r_{\hat{\Gamma}_1, a_j} < r_{\hat{\Gamma}_2, a_j}$ у протилежному випадку. Дана умова виконується для центрів підкластерів кластера Γ_1 . Далі визначаємо середню швидкість ЗПН у розглянутому кластері:

$$\hat{\Gamma}_1(v) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (v_{a_j}), \text{ для всіх } a_j \in \Gamma_1. \quad (7)$$

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 $(\mathcal{E}_{ш}^1, \mathcal{E}_h^1)$.

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

$$m_{ш \min} \leq a_{jx} \leq m_{ш \max}; \quad (8)$$

$$m_{h \min} \leq a_{jz} \leq m_{h \max}. \quad (9)$$

Якщо об'єкт \bar{a}_j не задовольняє умові (8-9), тоді утворюється новий кластер Γ_2 , до якого й зараховується даний об'єкт. Об'єкти, які не задовольняють умові (8), але задовольняють умові (9), можна вважати приналежними до Γ_1 й виконуючі демонстративні або відволікаючі дії, а в умовах постановки перешкод, на ділянці $m_{ш}$ показують, що на даний ділянці можливе формування удару.

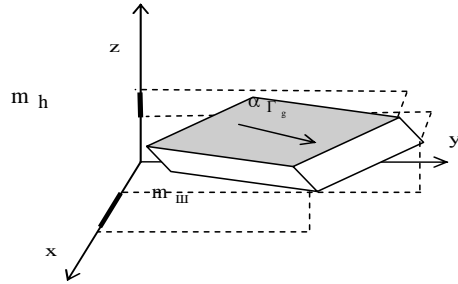


Рис. 1. Графічна інтерпретація принципу відбору об'єктів в склад кластеру

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

$$\alpha_{\Gamma_g} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n Q_{a_j}, \quad (10)$$

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. 2).

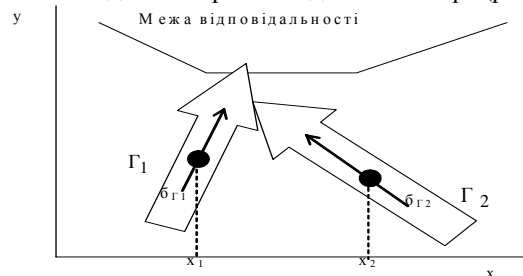


Рис. 2. Ілюстрація випадка можливості об'єднання двох кластерів

Якщо вектори які характеризують узагальнений курс руху $\alpha_{\Gamma_1}, \alpha_{\Gamma_2}$ і належать кластерам Γ_1, Γ_2 перетинаються до входу в зону поразки 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}_{Γ_g} [5] для кожного кластера:

$$\bar{e}_{\Gamma_g} (\cos(\alpha_{\Gamma_g}), \sin(\alpha_{\Gamma_g})). \quad (11)$$

У випадку, якщо вектора колінеарні, а за умови обліку помилок виміру, якщо їхні курси практично збігаються, то:

$$\theta_{\min} \leq \cos(\alpha_{\Gamma_1}) \cdot \sin(\alpha_{\Gamma_2}) - \sin(\alpha_{\Gamma_1}) \cdot \cos(\alpha_{\Gamma_2}) \leq \theta_{\max}. \quad (12)$$

При виконанні цієї умови приймається рішення про те, що кластери незалежні, при цьому $\theta_{\min}, \theta_{\max}$ задаються експертами.

Якщо вектори не колінеарні, перевіряється умова можливості їхнього перетину. Для цього враховується кут τ між векторами \vec{e}_{Γ_g} . Якщо його

значення лежить в інтервалі $0^0 < \tau < 90^0$, то перетин можливий:

$$\arccos(\tau) = \vec{e}_{\Gamma_1} \cdot \vec{e}_{\Gamma_2} / (|\vec{e}_{\Gamma_1}| \cdot |\vec{e}_{\Gamma_2}|). \quad (13)$$

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

Тоді, якщо пари векторів \vec{e}_{Γ_g} не задовольняють умові (13) і задовольняють умові (14), знаходяться координати точки перетину прямих, початком яких є координати центрів відповідних Γ_g і по напрямку співпадаючі з \vec{e}_{Γ_g} .

Для перевірки умови можливості перетину узагальнених курсів ЗПН, що належать кластерам Γ_1, Γ_2 (рис. 3), необхідно вирішити наступну задачу: нехай відомі координати точок Γ_1, Γ_2 , узагальнені курси ЗПН у розглянутих кластерах α_{Γ_1} й α_{Γ_2} . Необхідно знайти координати точки Р, якщо це можливо.

Методи рішення даної задачі наведені в [5].

Якщо координати точки Р' належать області Д (району оборони) (рис. 3), удари розглядаються як окремі. Якщо ж точка Р перебуває перед областю Д, можна розглядати два виявлених удари в рамках одного.

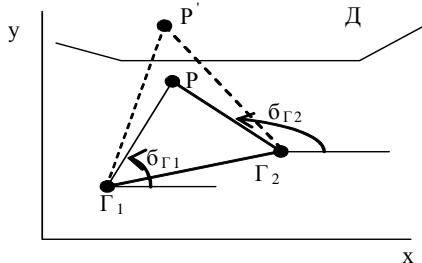


Рис. 3. Удар в області оборони

Для більше повного обліку факторів, що впливають на вибір противником напрямків ударів ЗПН, необхідно, як було відзначено вище, 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 таким чином:

$$Z(z_s), s = \overline{1, S}. \quad (14)$$

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

$$C(c_r), r = \overline{1, R}. \quad (15)$$

Множина об'єктів оборони представляється як:

$$O(o_v), v = \overline{1, V} \quad (16)$$

Множину задач, рішення яких необхідно для досягнення цілі c_r , можна задати морфізмом μ_{c_r} наступного виду [6,7]:

$$\mu_{c_r} : c_r \xrightarrow{s=1..S} z_s; \quad (17)$$

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 :

$$\mu_{Z_u^{c_r}} : Z_t^{c_r} \xrightarrow{t=1..k} o_v. \quad (18)$$

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 (рис. 4).

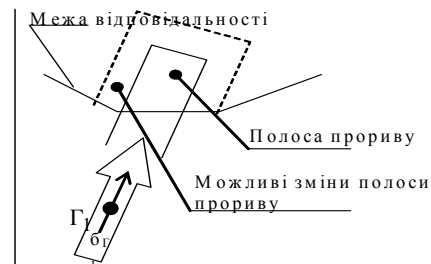


Рис. 4. Полоса прориву ППО

Розроблені правила визначення кластерів ЗПН із урахуванням даних про побудову ударів, а також облік знань про цілі і задачі, розв'язуваних противником в ударі, дозволяють провести формалізацію рішення даної задачі з використанням підходів запропонованих в [6 – 8]. Зважаючи на вимоги керівних документів щодо порядку побудови сил ППО [1] й динаміку зміни повітряної обстановки доцільно весь повітряний простір розбити на оперативно-тактичні напрямки. У ряді робіт обґрунтоване використання в якості параметру оцінки повітряної обстановки кількість ЗПН на оперативно-тактовому напрямку (ОТН) [1 – 3].

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 $[(x_{j1}, y_{j1}), (x_{j2}, y_{j2}), (x_{j3}, y_{j3}), (x_{j4}, y_{j4})]$ (рис. 5).

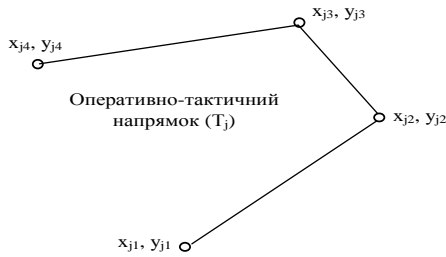


Рис. 5. Графічне представлення формального опису оперативно-тактичного напрямку

Математично напрямок можна представити як:

$$\begin{cases} y(x_{j3} - x_{j2}) - x(y_{j3} - y_{j2}) - y_{j2}x_{j3} + y_{j3}x_{j2} \geq 0; \\ y(x_{j1} - x_{j2}) - x(y_{j1} - y_{j2}) - y_{j2}x_{j1} + y_{j1}x_{j2} \leq 0; \\ y(x_{j4} - x_{j3}) - x(y_{j4} - y_{j3}) - y_{j3}x_{j4} + y_{j4}x_{j3} > 0, \end{cases} \quad (19)$$

де x, y (T ; T – оперативно-тактичний напрямок).

Виходячи з задачі оцінки кількості ПО, що діють на ОТН, необхідно поділити повітряний простір таким чином, щоб можна було однозначно сказати до якого з напрямків належить місце знаходження ПО.

Таким чином, розподіл усього простору на ОТН необхідно виконати так, щоб прями, які його обмежують, одночасно були сторонами сусідніх напрямків. Приклад графічного представлення такого поділу наведень на рис. 6.

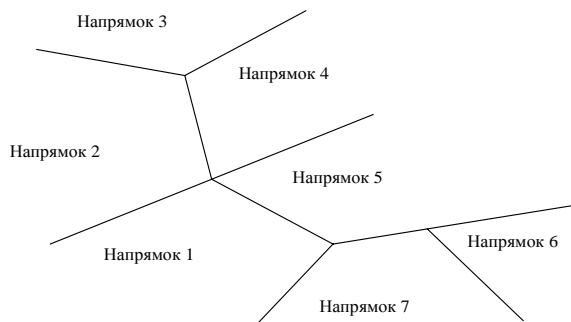


Рис. 6. Розбиття простору на ОТН

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

$$ВП = \bigcup_i T_i, \quad (20)$$

де T_i – оперативно-тактичний напрямок.

Задача визначення приналежності повітряного об'єкта (ПО) ОТН повинна вирішуватися при кожній зміні його положення. Початковими параметрами, для вирішення задачі, є просторові координати ПО ($x_{ПО}$, $y_{ПО}$). Необхідно визначити, якому ОТН належить точка місця знаходження ПО. Вирішення задачі зводиться до перебору напрямків і визначенню для якого напрямку точка ($x_{ПО}$, $y_{ПО}$) задовольняє системі нерівностей:

$$\begin{cases} y_{ПО}(x_{j3} - x_{j2}) - x_{ПО}(y_{j3} - y_{j2}) - y_{j2}x_{j3} + y_{j3}x_{j2} \geq 0; \\ y_{ПО}(x_{j1} - x_{j2}) - x_{ПО}(y_{j1} - y_{j2}) - y_{j2}x_{j1} + y_{j1}x_{j2} \leq 0; \\ y_{ПО}(x_{j4} - x_{j3}) - x_{ПО}(y_{j4} - y_{j3}) - y_{j3}x_{j4} + y_{j4}x_{j3} > 0, \end{cases} \quad (21)$$

де $x_{ПО}$, $y_{ПО}$ – координати повітряного об'єкта, x_{ji}, y_{ji} , $i = 1..4$ – координати точок меж ОТН.

Оцінка повітряної обстановки проводиться з метою одержання кількісних характеристик і формулювання висновків, необхідних для ухвалення рішення на бойові дії (бойове застосування). Елементами оцінки повітряної обстановки є: кількість своїх літаків; кількість чужих літаків; кількість літаків висота яких менш 1 кілометру; кількість літаків висота яких більше 17 кілометрів.

Таким чином, автоматизація процесу визначення кількості повітряних об'єктів, що діють на певному ОТН, є внеском в автоматизацію оцінки повітряної обстановки.

На основі результатів вирішення задачі визначення ОТН, на якому знаходиться ПО, може бути визначена кількість ПО й літаків на ОТН.

$$N_{T_j} = \sum_i (ПО_i \in T_j), \quad (22)$$

де $ПО_i$ – повітряний об'єкт, який знаходиться на T_j напрямку; N_{T_i} – загальна кількість $ПО_i$ які знаходяться на T_j напрямку;

$$S_{T_j} = \sum_i S_{ПО_i}, \quad \text{при } ПО_j \in T_j. \quad (23)$$

Отримані результати можуть бути представлені в наступному вигляді (табл. 1):

Таблиця 1

Результати вирішення задачі визначення приналежності ПО ОТН

Напрямок	Усього	Чужих	Своїх	H<1км	H>17км
Напрямок 1	3/10	2/8	1/2		
Напрямок 2	5/20	5/20		4/18	
Напрямок 3	2/2		2/2		
...
Напрямок j	10/20	10/20		5/5	1/1

Примітка: у чисельнику вказана кількість ПО, що діють на напрямку, а в знаменнику загальна кількість літаків.

Формалізація процесу оцінки кількісного складу повітряного противника дозволяє розробити перейти до загальної формалізації процесу вирішення задачі визначення напрямку удару ЗПН.

Представимо дії (5) – (23) у вигляді висловлень мовою вираховання предикатів першого порядку:

$$P_1, \dots, P_{23}, \quad (24)$$

де $P_1(a_j, \Gamma_g, r_{a_j, \Gamma_g})$ – правило віднесення об'єкта a_j до кластера Γ_g за умови, що r_{a_j, Γ_g} не більше заданого. Інші правила P_1, \dots, P_{23} мають схожу конструкцію. Остаточоно вирішальне правило для визначення напрямку удару повітряного противника має вигляд:

$$MP_{14} = P_1 \vee \dots \vee P_{23}. \quad (25)$$

Далі для формалізації знань, що використовуються при вирішенні задачі визначення напрямку удару повітряного противника, скористаємося методикою запропонованої в [6, 7].

При цьому в якості вихідних даних для рішення задачі визначення напрямків масованого застосування ЗПН візьмемо наступні: $\bar{a}(x_a, y_a, z_a, Q_a, v_a)$, $S = (s_{ш}, s_{г})$, $M(m_{ш}, m_{п})$, $C = (c_{п}, c_3, c_{тг})$, $D = (d_{п}, d_3, d_{тг})$, $Z(z_s)$, $s = \overline{1S}$, $C(c_r)$, $r = \overline{1R}$, $O(o_v)$, $v = \overline{1V}$, T_j , S_{T_j} , а також номер удару на даному напрямку, втрати противника в попередньому ударі й ін.

У результаті одержимо СЦУ рішення задачі визначення напрямку дій повітряного противника, представлену на рис. 7.

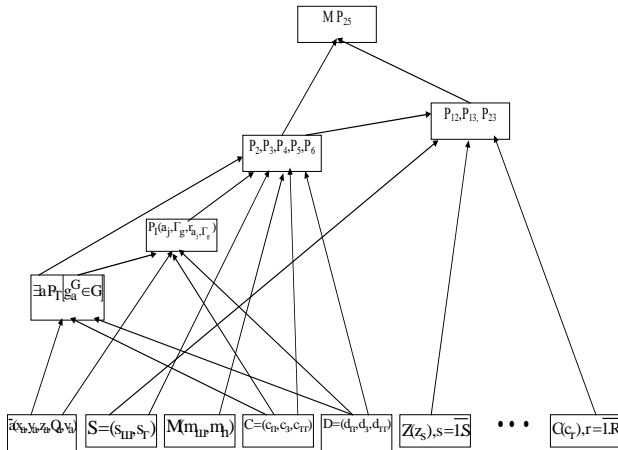


Рис. 7. Формалізована структура знань про процес визначення напрямку удару ЗПН

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. Моделирование 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. – Х.: ХВУ, 2004. – 409 с.
2. Средства воздушно-космического нападения противника и их характеристик как целей для ПВО // Под ред. В.К. Стрельникова. – Х.: ВИРТА, 1987. – 372 с.
3. Анисимов Б.В., Курганов В.Д., Злобин В.К. Распознавание и цифровая обработка изображений. – М.: Высш. шк., 1983. – 295 с.
4. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. – М.: Наука, 1972. – 872 с.
5. Низненко Б.И., Павленко М.А., Бердник П.Г. Метод формализации знаний, содержащих модальности для экспертных систем реального времени // Системы обработки информации. – Х.: ХВУ, 2004. – Вып. 10(38). – С. 117-125.
6. Павленко М.А. Разработка процедуры многоэтапной формализации знаний для экспертных систем реального времени // Системы обработки информации. – Х.: ХВУ, 2004. – Вып. 9(37). – С. 124-133.
7. Павленко М.А., Сисков А.В., Перепелица А.В., Руденко В.Н. Метод определения направления удара ЗПН в границах оперативного направления // Моделирование та інформаційні технології. – К.: НАНУ, ІПМЕ, 2005. – Вып. 33. – С. 112-121.

Надійшла до редколегії 19.02.2008

Рецензент: канд. техн. наук, проф. Б.М. Судаков, національний технічний університет «ХПІ», Харків.

МЕТОД ФОРМАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ УДАРА СРЕДСТВ ВОЗДУШНОГО НАПАДЕНИЯ НА ОПЕРАТИВНОМ НАПРАВЛЕНИИ

М.А. Павленко, В.О. Корнеев, В.Е. Герасимов

Использование современных подходов к построению средств автоматизации, которые применяются в войсках, позволяет использовать при построении специального математического и программного обеспечения современных методов решения задач, которые раньше решались лишь лицами боевого расчета. В данной статье предложен метод формализации процесса решения задачи определения направления удара СВН на оперативном направлении для подсистемы информационного обеспечения в перспективных автоматизированных системах управления сложными объектами. Использование такого подхода разрешит применять при планировании боевой подготовки не только требования руководящих документов, но и опыт, знание особенности подготовки специалистов разного профиля.

Ключевые слова: кластерный анализ, модель знаний, удар.

METHOD OF FORMALIZATION OF PROCESS OF THE DECISION OF THE PROBLEM OF DEFINITION OF DIRECTIONS OF BLOW OF MEANS OF THE AIR ATTACK ON THE OPERATIVE DIRECTION

M.A. Pavlenko, V.O. Korneyev, V.E. Gerasimov

Use of modern approaches to construction of means of automation which are applied in armies, allows to use at construction special mathematical and the software of modern methods of the decision of problems which dared only persons of fighting calculation earlier. In given article the method of formalisation of process of the decision of a problem of definition of a direction of blow on an operative direction for a supply with information subsystem in the perspective automated control systems of difficult objects is offered. Use of such approach will allow to apply at planning of combat training not only the requirement of supervising documents, but also experience, knowledge of feature of preparation of experts of a different profile.

Keywords: ache the analysis, model of knowledge, blow.