

УДК 623.765

М.А. Павленко¹, С.В. Поліщук², С.І. Хмелевський¹, П.М. Гріщенко¹¹ Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків² Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ

ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКІВ УДАРУ ЗАСОБІВ ПОВІТРЯНОГО НАПАДУ НА ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧНОМУ 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 керування складними об'єктами.

Ключові слова: формалізація процесу управління, повітряний удар, оперативний напрямок.

Вступ

Постановка проблеми. Вирішення задачі визначення напрямків удару засобів повітряного нападу (ЗПН) противника на оперативному напрямку є однією із складових процесу оцінки повітряної обстановки (ПО) як на етапі планування, так і у ході бойових дій. Основна складність вирішення 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 ЗПН противника в просторі в поточний момент часу, а також накопичені дані про положення ЗПН за весь період спостереження, що дасть можливість проводити прогнозування розвитку обстановки та вчасно виявляти можливі її зміни;

положення своїх об'єктів оборони;

стан своїх сил і засобів;

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

Слід зазначити, 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), а також 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 актуальним. Результати автоматизованого вирішення 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 – 7].

Так у роботі [1] 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 [2] розглянута можливість використання при вирішенні задач розпізнавання сформованої тактичної обстановки читаючих автоматів, які оцінюють положення відміток від повітряних об'єктів за інформацією, яка представлена на засобах відображення інформації КП, і надають інформацію ОПР про можливу небезпеку.

Даний підхід дозволяє визначити наявність у повітряному просторі ЗПН противника та інформувати ОПР про необхідність вирішення задач оцінки ПО, при цьому, задача збору та обробки інформації про повітряну обстановку, визначення напрямку удару покладає на ОПР.

У роботі [5] запропонований підхід до вирішення задачі визначення напрямків ударів ЗПН противника. Даний підхід базується на застосуванні методу кластерного аналізу для угруповання ЗПН, а так само визначення узагальненого напрямку їхніх дій. Однак у роботі розглянутий спрощений двовимірний випадок, де всі ЗПН відображаються на екрані і 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 тактику застосування ЗПН, правила побудо-

ви повітряних ударів, цілях і задачах, які розв'язуються противником у кожному з повітряних ударів [6].

У роботі [7] 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 щільності 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, 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. Розкрити вирішення задачі визначення напрямків ударів ЗПН на оперативному напрямку, що враховує просторове положення ЗПН, знання про правила побудови повітряних ударів, цілі і задачі, які противник розв'язує під час удару, динаміку зміни даних про повітряну обстановку та просторовий розподіл меж відповідальності за допомогою методу формалізації процесу.

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 та обмежень [4, 7]:

1. Противник діє цілеспрямовано і 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 уможливує 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 [2] 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 [2]

$$S = (s_{\text{ш}}, s_{\text{г}}).$$

Тоді можна задати «габарити» просторового стробу, у якому можлива побудова одного удару $M(m_{\text{ш}}, m_{\text{г}})$, при цьому $m_{\text{ш}} = s_{\text{ш}}$, а $m_{\text{г}}$ - 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:

$$C = (c_{\text{п}}, c_{\text{з}}, c_{\text{тг}}), D = (d_{\text{п}}, d_{\text{з}}, d_{\text{тг}}),$$

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 [6]. Для успішного прольоту авіації противник передбачає пробити в системі ППО кілька коридорів шириною $s_{\text{ш}}$ на глибину $s_{\text{г}}$. Тоді, при визначенні напрямків удару ЗПН необхідно враховувати такі фактори:

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

ТГ діють у складі ешелону прориву або самостійно [1, 2], 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 [3, 7] 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 в такий спосіб:

нехай задані параметри масованого удару $M(m_{\text{ш}}, m_{\text{h}})$ й параметри ешелонів в ударі $\Lambda((\lambda_{\text{ш}}^1, \lambda_{\text{h}}^1), \dots, (\lambda_{\text{ш}}^p, \lambda_{\text{h}}^p))$.

При виявленні нового (першого) ЗПН \bar{a}_j вважаємо його першим об'єктом кластера Γ_1 із границями $(\lambda_{\text{ш}}^1, \lambda_{\text{h}}^1) \in M(m_{\text{ш}}, m_{\text{h}})$ (рис. 1) і вважаємо його центром кластера.

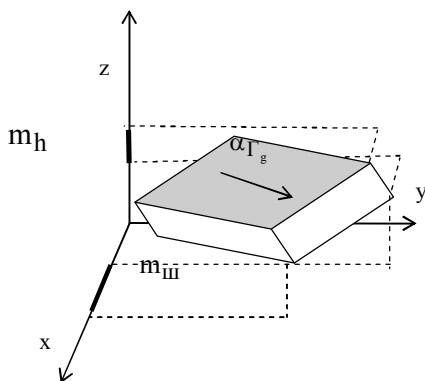


Рис. 1. Графічна інтерпретація принципу відбору об'єктів в склад кластеру

При виявленні наступних ЗПН перевіряємо можливість об'єднання їх у ТГ [7].

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:

$$\hat{\Gamma}_1(\hat{\Gamma}_{1x}, \hat{\Gamma}_{1y}, \hat{\Gamma}_{1z}) = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (a_{jx}, a_{jy}, a_{jz}), \quad \text{для всіх } a_j \in \Gamma_1; \quad (6)$$

при цьому $r_{\hat{\Gamma}_1, a_j} > r_{\hat{\Gamma}_2, a_j}$, 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:

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

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 $(\lambda_{\text{ш}}^1, \lambda_{\text{h}}^1)$.

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

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

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

Якщо об'єкт \bar{a}_j не задовольняє умовам (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 $m_{\text{ш}}$ показують, що на даній ділянці можливе формування удару.

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 напрямком 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).

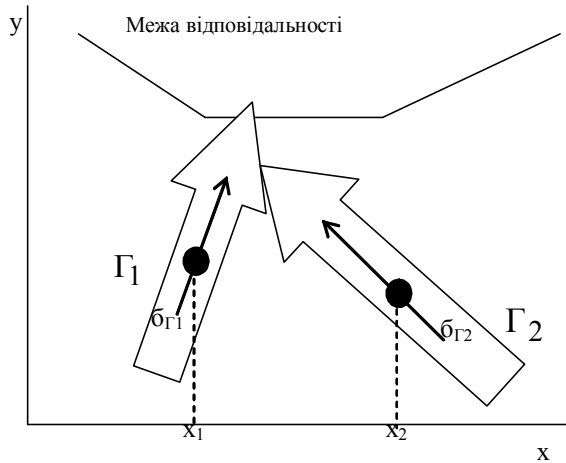


Рис. 2. Ілюстрація випадку можливості об'єднання двох кластерів

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 угруповання ППО, то дані кластери можуть об'єднатися або діяти спільно на двох сусідніх ділянках.

Для перевірки даної умови будується одиничний вектор \bar{e}_{Γ_g} [4] 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:

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

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 їх перетину. Для цього вираховується кут τ між векторами \bar{e}_{Γ_g} . Якщо його значення лежить в інтервалі $0^0 < \tau < 90^0$, то перетин можливий:

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

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

Тоді, якщо пари векторів \bar{e}_{Γ_g} не задовольняють умові (13) і задовольняють умові (14), знаходяться координати точки перетину прямих, почат-

ком яких є координати центрів відповідних Γ_g і по напрямку співпадаючі з \bar{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} і α_{Γ_2} . Необхідно знайти координати точки Р, якщо це можливо.

Методи рішення даної задачі наведені в [4].

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.

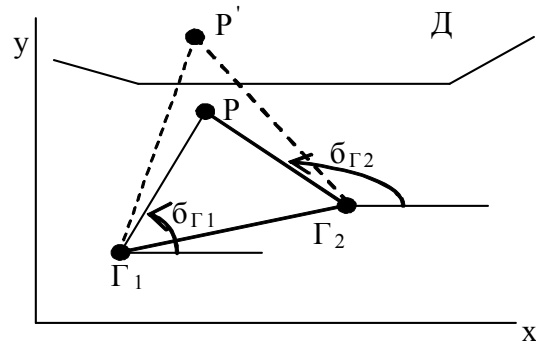


Рис. 3. Перевірка умови можливості перетину узагальнених курсів ЗПН

Для більш 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 у такий спосіб:

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

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} такого вигляду [5, 6]:

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

який породжує підмножину $Z_1^{c_r} \in Z$, що включає множини 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).

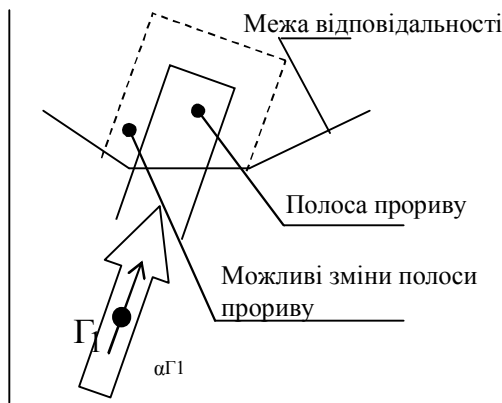


Рис. 4. Полоса прориву ППО

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 [5 – 7].

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-тактичному напрямку (ОТН) [1, 2].

Оперативно-тактичний напрямок у загальному випадку описується як деяка область у просторі, обмежена двома прямими. Для математичної формалізації пропонується описувати ОТН у виді деяко-

го 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).

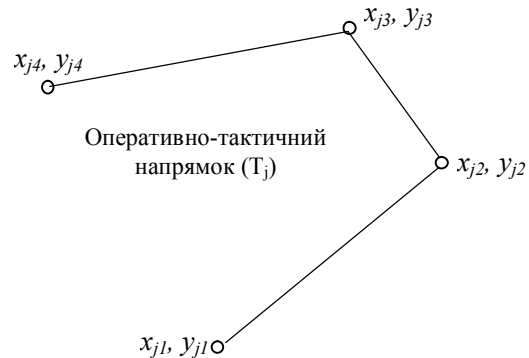


Рис. 5. Графічне представлення формального опису оперативно-тактичного напрямку

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 $x, y \in T$; 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 наведено на рис. 6.

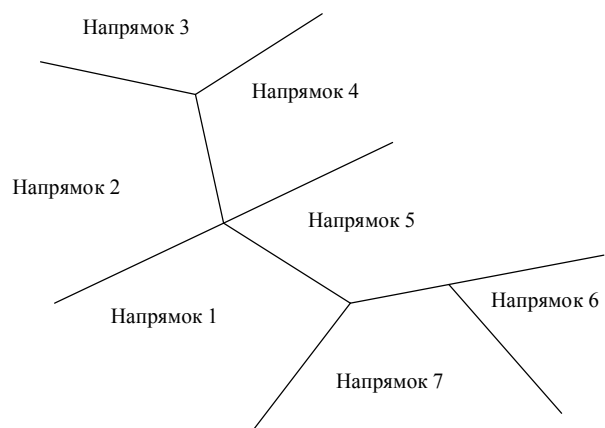


Рис. 6. Розбиття простору на ОТН

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) оперативно-тактичного напрямку 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:

$$\left\{ \begin{array}{l} У_{ПО} (x_{j3} - x_{j2}) - x_{ПО} (y_{j3} - y_{j2}) - \\ \quad y_{j2}x_{j3} + y_{j3}x_{j2} \geq 0; \\ У_{ПО} (x_{j1} - x_{j2}) - x_{ПО} (y_{j1} - y_{j2}) - \\ \quad y_{j2}x_{j1} + y_{j1}x_{j2} \leq 0; \\ У_{ПО} (x_{j4} - x_{j3}) - x_{ПО} (y_{j4} - y_{j3}) - \\ \quad y_{j3}x_{j4} + y_{j4}x_{j3} > 0, \end{array} \right. \quad (21)$$

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 (табл. 1):

- 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 оперативно-тактичного напрямку, 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 представлені в вигляді, наведеному в табл. 1.

Таблиця 1

Результати вирішення задачі визначення приналежності ПО ОТН

Напрямок	Усього	Чужих	Своїх	$H < 1\text{км}$	$H > 17\text{км}$
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 $P_1(a_j, \Gamma_g, \Gamma_{a_j, \Gamma_g})$ - правило віднесення об'єкта a_j до кластера Γ_g за умови, що Γ_{a_j, Γ_g} не більше заданого. Інші правила P_1, \dots, P_{23} мають схожу конструкцію.

Остаточо вирішальне правило для визначення напрямку удару повітряного противника буде мати такий 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 [5, 6].

При цьому в якості вихідних даних для рішення задачі визначення напрямків масованого застосування ЗПН візьмемо наступні:

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

$$M(m_{ш}, m_h), \quad C = (c_{п}, c_3, c_{тТ}),$$

$$D = (d_{п}, d_3, d_{тТ}), \quad Z(z_s), \quad s = \bar{1.S},$$

$$C(c_r), \quad r = \bar{1.R}, \quad O(o_v), \quad v = \bar{1.V}, \quad T_j, \quad S_{T_j},$$

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.

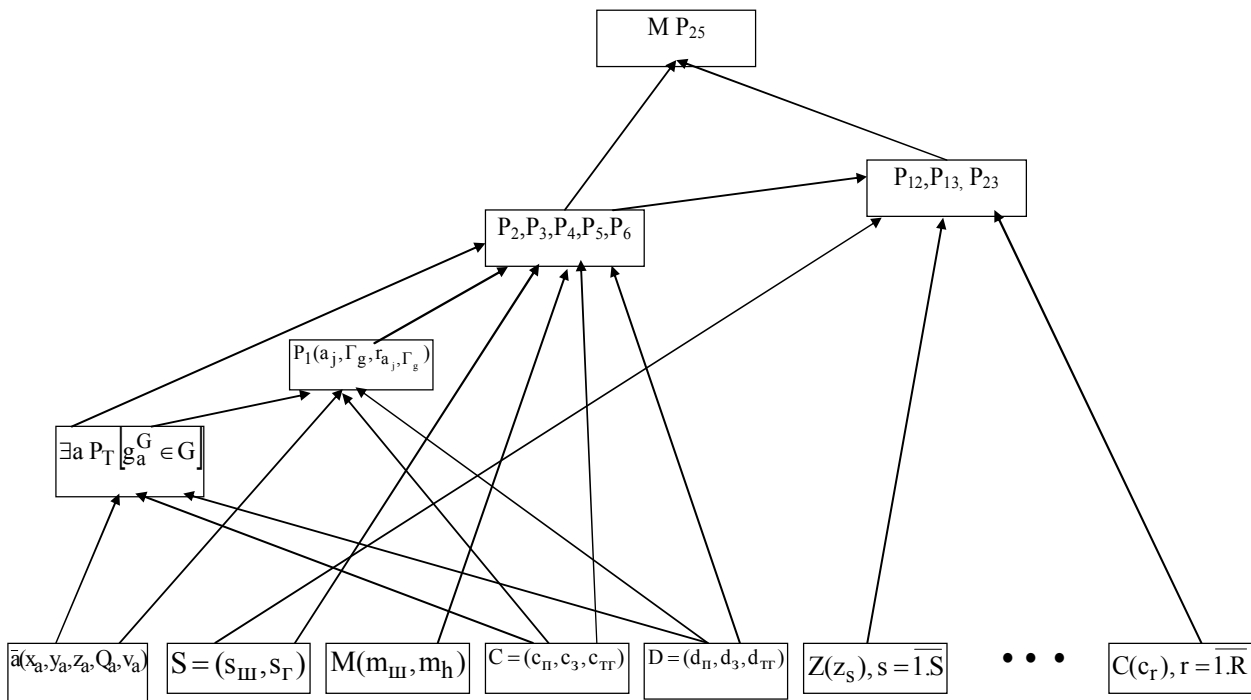


Рис. 7. Формалізована структура знань про процес визначення напрямку удару ЗПН

Висновки

Запропонований у даній статті метод формалізації процесу вирішення задачі визначення напрямків ударів ЗПН противника на оперативному напрямку відрізняється від відомих урахуванням, поряд із просторовими характеристиками повітряних об'єктів, знань про побудову ЗПН в ударі та про розподіл простору на межі відповідальності та інтенсивність дії на них ЗПН. Так само реалізовано визначення цілей, які переслідує противник при нанесенні удару, тактичних завдань, які вирішуються при цьому, і одержання переліку можливих об'єктів оборони, до знищення яких буде прагнути противник.

Список літератури

1. Моделирование боевых действий войск (сил) противоповітряної 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 / Б.И. Низиенко, М.А. Павленко, П.Г. Бердник // Системы обработки информации. – Х.: ХВУ, 2004. – Вып. 10(38). – С. 117-125.

3. Средства воздушно-космического нападения противника и их характеристик как целей для ПВО / Под ред. В.К. Стрельникова. – Х.: ВИРТА, 1987. – 372 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. 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.

7. 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 22.04.2014

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЙ УДАРА СРЕДСТВ ВОЗДУШНОГО НАПАДЕНИЯ НА ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧЕСКОМ НАПРАВЛЕНИИ

М.А. Павленко, С.В. Полищук, С.И. Хмелевский, П.М. Гриценко

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

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

DETERMINING THE DIRECTION OF AIR ATTACK WEAPONS AT THE OPERATIONAL AND TACTICAL DIRECTION

M.A. Pavlenko, S.V. Polischuk, S.I. Khmelevskiy, P.N. Gritsenko

In this paper, we propose a method of formalizing the process of solving the problem of determining the direction of impact of air attack on the operational direction of the subsystem information to ensure the perspective automated control systems of complex objects.

Keywords: formalization of the process control, air strikes, operational direction.