

УДК 004.825:621.32

С.Б. Клімов

Академія Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів

МЕТОД ФОРМУВАННЯ БАЗИ ЗНАТЬ ЩОДО ОЦІНКИ ДІЙ ПОВІТРЯНОГО ПРОТИВНИКА

Запропонований метод формування бази знань щодо оцінки дій повітряного противника, який складається з двох етапів: формалізації знань про повітряну обстановку та вибору структури базової мережі. Метод може бути використаним при розробці підсистеми інформаційного забезпечення в перспективних автоматизованих системах керування.

Ключові слова: база знань, повітряний противник, оцінка дій, базова мережа.

Вступ

Постановка проблеми. При оцінці дій повітряного противника необхідно вирішувати такі задачі [1]: розпізнавання тактичних груп повітряного противника, визначення можливих об'єктів удару, вибір плану ведення бойових дій та інші. При цьому необхідно враховувати [1, 2]:

характер дій противника (його задум, цілі, задачі, можливі способи їх виконання);

фактичне положення засобів повітряного нападу (ЗПН) противника в просторі в теперішній момент часу, 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.

Необхідність оперативного доступу до вищеприписаних даних, а також складність формалізації взаємозв'язків між ними робить актуальною задачу розробки бази знань щодо оцінки дій повітряного противника, яка повинна підтримувати режим реального часу.

Аналіз літератури. Підходи до формалізації знань про ймовірні способи і прийоми ведення бойових дій повітряним противником, а також методи наповнення бази знань оперативною інформацією були розглянуті в роботах [3, 4]. Методи розробки структури бази знань та відповідної обчислювальної мережі розглянуті у [5, 6]. Але існуючі підходи не в повній мірі орієнтовані на особливості та специфіку дій частин та підрозділів Повітряних Сил, більшість робіт зосереджено на особливостях спеціалізованих систем інформаційного забезпечення, часткових задачах управління і їх особливостях без проведення аналізу основних задач управління військами, пов'язання з суміжними задачами та системою збору і обробки вихідної інформації, що не дає змоги для своєчасного представлення повної та достовірної інформації у відповідності до обстановки, що складається. Також у підходах, наведених в роботах [3, 4] не враховується

можливість обробки інформації у реальному часі. Тому рішення задачі розробки бази знань щодо оцінки дій повітряного противника, яка повинна підтримувати режим реального часу, що є метою даної статті, на теперішній час є актуальною.

1. Формалізація знань про повітряну обстановку

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.

Введемо ряд припущень й обмежень [3]:

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, та авіації в повітрі;

3) противник керується накопиченим досвідом ведення бойових дій, що уможлиблює 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 [1] 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.

Нехай 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 [2] $S = (s_0, s_a)$. Тоді можна задати «габарити» просторового стропа, у якому можлива

побудова одного удару $M(m_o, m_h)$, при цьому $m_o = s_o$, а m_h визначається бойовими можливостями ЗПН. Значення даних параметрів вводяться в базу знань розпізнавання можливих напрямків ударів ЗПН на етапі її настроювання або безпосередньо при її використанні.

Проведемо групування ЗПН з урахуванням того, що відомі інтервали й дистанції між ЗПН ($C = (c_i, c_c, c_{\delta\alpha})$, $D = (d_i, d_c, d_{\delta\alpha})$), 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 і тактичних груп (ТГ) ЗПН.

Математична постановка задачі оцінки дій повітряного противника 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:

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

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

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. Для успішного прольоту авіації противник передбачає пробити в смугі оборони Повітряних Сил кілька коридорів шириною s_o на глибину s_a .

Використання методу кластерного аналізу дозволяє провести формалізацію знань щодо оцінки дій повітряного противника з урахуванням просторових характеристик можливого повітряного удару й динаміки зміни повітряної обстановки.

Розроблені правила визначення кластерів ЗПН із урахуванням даних про побудову ударів, а також знання цілей і задач, розв'язуваних противником в ударі, дозволяють провести формалізацію розв'язання задачі (1) – (4), що дозволить упорядкувати дані у базі знань. Зважаючи на вимоги керівних документів щодо порядку побудови сил протиповітряної оборони [2] і динаміку зміни повітряної обстановки, доцільно весь повітряний простір розбити на оперативні-тактичні напрямки, задані відповідними просторовими множинами, які складуть опис повітряного простору та дозволять визначити структуру бази знань. Елементами динамічних масивів бази знань оцінки повітряної обстановки повинні бути: кількість своїх літаків; кількість чужих літаків; кількість літаків, висота яких менше 1 км; кількість літаків, висота яких більше 17 км.

2. Вимоги до структури базової мережі

Визначаючи критерій вибору структури базової мережі бази знань щодо оцінки дій повітряного противника (БМ БЗ ОДПП) в першу чергу відмітимо, що основними властивостями цієї мережі є ієрархічність та територіальне розподілення, тобто в подальшому будемо розглядати базову територіально розподілену мережу (БТРМ) ($B = \cup B_\mu$, $\mu \in \Gamma_B$, Γ_B – граф розподілу). При цьому необхідно зосередитись на об'єктивних зв'язках об'єктів різної природи, які адекватно відображаються через такі поняття, як система, управління, процес, якість, ефективність тощо. При цьому властивості, що характеризують якість БТРМ, є не просто деякою сукупністю, а цілісною характеристикою функціональної єдності істотних властивостей системи, які можуть бути впорядковані у вигляді багаторівневої ієрархічної структури. Найвищий рівень цієї структури визначає критерій якості, а на найнижчому рівні знаходяться взаємопов'язані прості властивості, що дозволяє визначити ефективність мережі на i -й ділянці $E_\mu^{(i)}$ ($\mu \in \Gamma_B$) як функцію таких аргументів:

$$E_\mu^{(i)} = \psi(u_i^{(\mu)}(f_{ij}^{(\mu)}, c_\xi^{(\mu)}, c_\phi^{(\mu)}), E_\gamma, R_{(c,\tau)}^{(\mu)}, F^{(\mu)}, S) \quad (5)$$

де $u_i^{(\mu)}$ – відповідне управління, аргументи якого визначають взаємозв'язок цільових, функціональних і нефункціональних властивостей; $R_{(c,\tau)}^{(\mu)}$ – відповідні ресурси знань; $F^{(\mu)}$ – умови функціонування, а S – спосіб реалізації функцій.

На кожному рівні ієрархії властивостей (цільовому, функціональному, нефункціональному) можна побудувати ієрархію властивостей конкретного рівня. В процесі вибору варіанту побудови БТРМ БЗ ОДПП і розробки системи її експлуатації для визначення E_μ ($\mu \in \Gamma_B$) необхідно дослідити тактичні і технічні властивості нижчих рівнів ієрархії. Аналіз параметрів, що впливають в БТРМ на зміну характеристик вищеперелічених властивостей, показав, що найбільш суттєвим є значення середньої затримки, необхідної для доставки пакету від джерела до місця призначення, оскільки вона робить переважаючий вплив на вибір і роботу як мережевих протоколів, так і методів маршрутизації інформаційних потоків, використовуваних в ній, і визначає відрізок часу, необхідний для переміщення пакету даних від джерела до пункту призначення через мережу передачі даних. Затримка передачі даних на маршруті визначається як:

$$T_m = T_y + T_o + T_w,$$

де $T_y = \sum_{b=1}^{h_w} t_{y_b}$ – сумарний час комутації пакету даних в УК; h_w – число КЗ, що входять в маршрут; t_{y_b} – час комутації пакету даних в пристрої кому-

тації, інцидентному b -му каналу зв'язку (КЗ);

$T_o = \sum_{b=1}^{h_w} t_{o_b}$ – сумарний час очікування пакету даних в черзі до КЗ; t_{o_b} – час очікування пакету даних

в черзі до b -го КЗ; $T_w = \sum_{b=1}^{h_w} t_{w_b}$ – сумарний час передачі пакету даних по каналах зв'язку; $t_{w_b} = k_{z_b} \cdot l_p / p_{z_b}$ – час передачі пакету даних по b -му КЗ; k_{z_b} – коефіцієнт завантаження b -го КЗ.

Середня затримка пакету даних в мережі передачі даних розраховується як [5]:

$$T_p = \frac{1}{c_u} \cdot \sum_{j=1}^{h_r} \sum_{a=1}^{h_m} \left(c_{m_a}^j \cdot h_{w_a}^j \cdot \left(t_y + k_z \cdot \frac{l_p}{p_z} + \frac{l_o}{p_z} \cdot l_p \right) \right), \quad (6)$$

де c_u – сумарна інтенсивність розподілених потоків даних в СПД; h_r – число інформаційних потоків; h_m – число маршрутів; $c_{m_a}^j$ – інтенсивність j -го потоку по маршруту m_a^j ; $h_{w_a}^j$ – довжина маршруту; t_y – середній час комутації пакету в УК; k_z – середній коефіцієнт завантаження КЗ; l_o – середня довжина черги до каналу зв'язку; l_c – середній об'єм пакету; p_z – середня пропускна спроможність КЗ.

Проведемо оцінку основних параметрів, що впливають на зміну величини затримки пакету даних в мережі передачі даних (МПД). Заналізу виразу (6) виходить, що затримка пакету даних в МПД є лінійною функцією від довжини маршрутів передачі даних, яка визначається числом КЗ, що входять в маршрут. Сумарна інтенсивність розподілених потоків даних в МПД визначається як

$$c_u = \sum_{j=1}^{h_r} \sum_{a=1}^{h_m} c_{m_a}^j, \quad (7)$$

а величина затримки пакету даних на маршруті

$$T_m = \sum_{b=1}^{h_{w_a}^j} t_{y_b} + k_{z_b} \cdot \frac{l_p}{p_{z_b}} + \frac{l_{o_b}}{p_{z_b}} \cdot l_p. \quad (8)$$

Пропускна спроможність каналу зв'язку з урахуванням його завантаження p_{z_b} визначається як значення інтенсивності потоку даних, який може бути переданий каналом зв'язку при заданому коефіцієнті завантаження k_{z_b} .

МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ БАЗЫ ЗНАНИЙ ОЦЕНКИ ДЕЙСТВИЙ ВОЗДУШНОГО ПРОТИВНИКА

С.Б. КЛИМОВ

Предложен метод формирования базы знаний оценки действий воздушного противника, который состоит из двух этапов: формализации знаний о воздушной обстановке и выбора структуры базовой сети. Метод может быть использованным при разработке подсистемы информационного обеспечения в перспективных автоматизированных системах управления.

Ключевые слова: база знаний, воздушный противник, оценка действий, базовая сеть.

METHOD OF BASE KNOWLEDGES FORMING OF ACTIONS OF AIR OPPONENT ESTIMATION

S.B. Klimov

The method of of base knowledges forming of estimation of actions of air opponent which consists of two stages is offered: formalizations of knowledges about an air situation and choice of backbone network structure. A method can be used for development of subsystem of the informative providing in perspective automated control the system.

Keywords: base of knowledges, air opponent, estimation of actions, backbone network.

Вираз для визначення сумарної інтенсивності переданих потоків даних каналом зв'язку має вигляд:

$$c_{w_b} = \sum_{j=1}^{h_r} \sum_{a=1}^{h_m} c_{m_a}^j \cdot k_a^j, \quad k_a^j = \begin{cases} 0, & \text{если } w_b \notin m_a^j; \\ 1, & \text{если } w_b \in m_a^j, \end{cases} \quad (9)$$

де w_b – b -й канал зв'язку.

Отримані вирази (5) – (9) визначають найбільш суттєві вимоги до БТРМ і враховують необхідність функціонування БЗ ОДПП у реальному часі.

ВИСНОВКИ

Розроблений метод формування бази знань щодо оцінки дій повітряного противника, який складається з двох етапів: формалізації знань про повітряну обстановку та вибору структури базової мережі та може бути використаним при розробці підсистеми інформаційного забезпечення в перспективних автоматизованих системах керування.

Перспектива подальших досліджень у цьому напрямі – розробка методу оптимізації структури бази знань щодо оцінки дій повітряного противника.

Список літератури

1. Стасев Ю.В. Метод формалізації процесу вирішення задачі визначення напрямків удару засобів повітряного нападу на оперативному напрямку / Ю.В. Стасев, С.Б. Клімов, М.А. Павленко // Збірник наукових праць ХУ ПС. – Х.: ХУ ПС, 2007. – Вип. 1(13). – С. 3-8.
2. 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.
3. Павленко М.А. Разработка процедуры многоэтапной формализации знаний для экспертных систем реального времени / М.А. Павленко // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ, 2004. – Вип. 9(37). – С. 124-133.
4. Павленко М.А., Метод определения направления удара ЗПН в границах оперативного направления / М.А. Павленко и др. // Моделирование та інформаційні технології. – К.: НАНУ, ПІМЕ, 2005. – Вип. 33. – С. 112-121.
5. Стеклов В.К. Телекомунікаційні мережі / В.К. Стеклов, Л.Н. Беркман. – К.: Техніка, 2006. – 428 с.
6. Berry L. Optimization models for communication network design / L. Berry, B. Murtagh // Proceedings of the Fourth International Meeting Decision Sciences Institute, Sydney, Australia. – 1997. – P. 218-241.

Надійшла до редколегії 18.05.2011

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