

# Кібернетика та системний аналіз

УДК 623.618

О.В. Александров

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## МОДЕЛЬ ЗНАТЬ ПРО ТАКТИКУ ДІЙ ЗАСОБІВ ПОВІТРЯНОГО НАПАДУ ПРИ ПОДОЛАННІ ПРОТИПОВІТРЯНОЇ ОБОРОНИ УГРУПОВАННЯ ПОВІТРЯНИХ СИЛ

Подана модель знань на основі інтелектуальних інформаційних технологій реалізує рефлексію суджень повітряного противника при подоланні протиповітряної оборони підрозділів Повітряних Сил, що дозволяє її використовувати як елемент бази знань системи підтримки прийняття рішень в умовах неповноти та суперечливості інформації про засоби повітряного нападу.

**Ключові слова:** аксіома, модель знань, правило виведення, рефлексивне управління.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Ефективність виконання бойових задач угрупованнями Повітряних Сил (ПС) суттєво залежить від якості управління вогнем підпорядкованих підрозділів зенітних ракетних військ та винищувальної авіації. Задача розподілу вогню в угрупованні ПС має ієрархічний характер і може бути розбита на наступні підзадачі: встановлення черговості знищення засобів повітряного нападу (ЗПН) противника; відбір вогневих засобів на обстріл ЗПН з урахуванням замислу командира угруповання ПС [1].

Масоване застосування ЗПН, зосередження зусиль на окремих напрямках з метою прориву системи ППО, можливості якої обмежені, визначають необхідність вирішення, в доповнення до існуючих, наступних задач: розпізнавання тактичного призначення ЗПН в ударі, порушення просторової і часової узгодженості їх дій; створення у повітряного противника (ПП) навмисно спотвореного уявлення про угруповання ПС; формування у ЗПН прагнення атакувати хибні об'єкти і позиції засобів ППО. Вирішення цих задач можливе на основі застосування концепції рефлексивного управління (РУ), коли в явному вигляді враховуються крім цілей і можливостей ПП, ще й рівень його поінформованості відносно цілей і можливостей угруповання ПС (рис. 1) [1, 2].

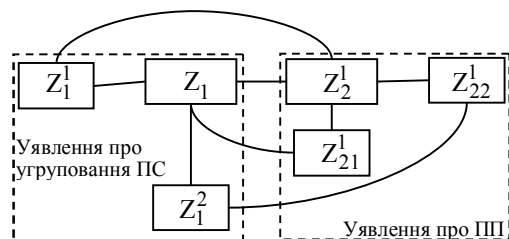


Рис. 1. Загальна структурна схема бази знань про прийняття рішень на основі концепції РУ

На рис. 1:  $Z_1$  – знання системи управління (СУ) угруповання ПС про власні цілі та можливості їх досягнення;  $Z_2^1$  – знання ПП про власні цілі та можливості їх досягнення (з точки зору СУ угруповання ПС);  $Z_1^2$  – знання про тактику дій ПП в зоні відповідальності угруповання ПС;  $Z_{21}^1$  – знання ПП про принципи управління вогнем, що реалізовані в СУ угруповання ПС;  $Z_1^1, Z_{22}^1$  – знання про бойові порядки, склад та озброєння угруповання ПС та ПП відповідно.

Враховуючи прагнення ПП нав'язати угрупованню ПС бажану для нього стратегію дій (реалізуючи тим самим стратегію РУ, шляхом застосування відволікаючих та демонстраційних дій), для підготовки вихідних даних щодо прийняття відповідних рішень в угрупованні ПС необхідно забезпечити вирішення таких часткових задач: формалізувати знання про процес визначення можливих бойових задач ЗПН в зоні відповідальності угруповання ПС та тактику дій ЗПН при подоланні ППО угруповання ПС.

Для вирішення завдань даного класу в ряді робіт [1, 3] обґрунтована доцільність застосування інтелектуальних інформаційних технологій (ІІТ).

**Мета статті.** Подання моделі знань про тактику дій ЗПН при подоланні ППО угруповання ПС, яка може бути використана в системах підтримки прийняття рішень під час рефлексивного управління вогневими засобами угруповання ПС.

### Основна частина

Кожна із протидіючих сторін, як на етапі підготовки, так і в ході бойових дій прагне визначити, як міркує та приймає рішення супротивник, і на основі зроблених висновків приймає свої рішення. Імітація міркувань ПП припускає формування в керуючій системі формалізованих описів знань про тактику його дій, що відображає ступінь інформованості ПП

про систему ППО й ситуації, яка складається. При розробці формалізованих описів знань ПП про систему управління ПС передбачається, що ПП має уявлення про найбільш загальні і природні для сторони, що обороняється, принципи розподілу зусиль вогневих засобів [2]:

вплив по ЗПН будь-якого типу, що ввійшли в зону відповідальності угруповання ПС;

вплив по ЗПН провадиться за критерієм мінімуму часу досягнення зони ураження вогневих засобів угруповання ПС;

вплив по черговому ЗПН провадиться, якщо обраний вогневий засіб боєготовий та має вільні канали наведення (стрільбові канали);

необхідною умовою планування впливу по ЗПН є перетинання її екстрапольованої траси з зоною відповідальності вогневого засобу;

вплив по ЗПН закінчується його знищенням.

Відповідно до наведених принципів модель знань про систему ППО, з погляду ПП, може бути представлена мовою модального обчислення предикатів 1-го порядку такими базовими аксіомами:

$$A.1 \forall i \forall j \left[ \left( ZP(i, j) \vee ZU(i, j) \right) \wedge \left( (BG(i) \wedge VK(i) \wedge VDT(j, i)) \equiv T \right) \right] \rightarrow NC(i, j);$$

$$A.2 \forall j \forall i L \left( VZ(P_i^{\text{пред}}, P_{ij}) \equiv T \right) \rightarrow M \uparrow NC(i, j);$$

$$A.3 \forall j \forall y \forall i \left[ \left( NZP(i, j) \wedge NZP(i, y) \wedge BG(i) \wedge \left( \wedge VK(i) \wedge BC(t_{iy}^{\text{II}}, t_{ij}^{\text{II}}) \right) \right) \right] \rightarrow NC(i, j);$$

$$A.4 \forall i \forall j \left[ NC(i, j) \wedge (PM(m_j^T) \equiv F) \right] \rightarrow M \uparrow ZC(i, j),$$

де  $BG(i)$  – предикат, що відповідає визначенню боєздатності  $i$ -го засобу ураження (ЗУ);  $VK(i)$  – предикат, що відповідає визначенню наявності вільних каналів наведення  $i$ -го ЗУ;  $VDT(j, i)$  – предикат, що відповідає визначенню можливості впливу по  $j$ -му ЗПН  $i$ -м ЗУ за балансом часу;  $ZP(i, j)$ ,  $ZU(i, j)$  – предикати, що відповідають визначенню факту знаходження  $j$ -го ЗПН у зоні пуску, ураження  $i$ -го ЗУ;  $NC(i, j)$  – предикат, що відповідає призначенню на  $j$ -й ЗПН  $i$ -го ЗУ;  $BC(P_i^{\text{пред}}, P_{ij})$  – предикат, що відповідає визначенню найближчого вогневого засобу до  $j$ -ї ПЦ;  $PM(m_j^T)$  – предикат, що відповідає визначенню присутності маневру  $j$ -го ЗПН;  $L$  – модальний оператор "необхідно";  $M \uparrow$  – модальний оператор "можливо в майбутньому";  $ZC(i, j)$  – предикат, що відповідає можливості впливу по  $j$ -му ЗПН  $i$ -м ЗУ;  $VZ(P_i^{\text{пред}}, P_{ij})$  – предикат, що відповідає визначенню можливості впливу по  $j$ -му ЗПН  $i$ -м ЗУ ( $P_i^{\text{пред}}$  – граничний курсовий параметр  $i$ -го ЗУ) за параметром  $P_{ij}$ .

Аксіома A.1 відображає цільову настанову сис-

теми ППО з погляду ПП, що полягає в необхідності впливу по всіх ЗПН, що ввійшли в зону відповідальності угруповання ПС. В аксіомах A.2-A.3 викладені необхідні й достатні умови (з погляду ПП) призначення впливу по ЗПН. Аксіома A.4 описує результат впливу по ЗПН. Формалізовані знання про основні принципи функціонування системи ППО дозволяють перейти до розробки формалізованих описів знань про тактику дій ПП при подоланні ППО угруповання ПС.

При розробці формалізованих описів знань про тактику дій ПП, необхідно виходити з реально існуючих у супротивника принципів побудови бойових порядків авіації, тактики прориву ППО, а також концепції управління своїми засобами в процесі нанесення удару. Основною бойовою задачею ПП є знищення об'єктів та засобів, які їх прикривають. Вона може вважатися виконаною, якщо ЗПН ПП досягнуть рубежу виконання задачі. Це можливо в наступних випадках: об'єкт не прикритий, рубіж виконання задачі розташований далі від об'єкта, ніж рубіж впливу вогневих засобів, засоби, що прикривають об'єкт не боєздатні (подавлені або знищені) або здійснюють вплив по інших ЗПН.

Оскільки об'єкти, як правило, прикриті, то, для забезпечення виконання задачі ударними літаками, ПП широко використовує допоміжні групи авіації. Щоб забезпечити підхід літаків ударних груп до об'єктів через зони ураження вогневих засобів угруповання ПС, супротивник прагне або засліпити їх, тобто придушити перешкодами, або знищити діями груп прикриття (придушення), або змусити їх діяти по літаках демонстративних або відволікаючих груп. Для того, щоб вогневий засіб розпочав вплив демонстративних або відволікаючих цілей, необхідно, щоб такі цілі першими входили в зону виявлення і впливу [4].

При впливі вогневого засобу угруповання ПС по ЗПН останні здійснюють різні види маневру або відмовляються від виконання свого завдання з метою виходу із зони впливу.

Відповідно до наведених тактичних прийомів ПП при подоланні системи ППО і атаки об'єктів відповідна модель знань може бути представлена мовою модального обчислення предикатів 1-го порядку такими аксіомами:

$$A.5 \forall i \forall j \forall y \forall q \left[ \left( VPC(pr, Nz_y) \vee VPC(dm, Nz_y) \right) \wedge \left( \wedge VPC(ud, Nz_j) \wedge NVO(j, q) \wedge \wedge NVO(y, i) \right) \right] \rightarrow ;$$

$$\rightarrow M \uparrow_t BC(t_{ij}^{\text{II}}, t_{iy}^{\text{II}})$$

$$A.6 \forall i \forall j \forall q \left[ \left( VPC(ud, Nz_j) \wedge SRBD(D_q, R_j^{\text{TD}}) \wedge \left( NVO(j, q) \wedge ((BG(i) \vee VK(i)) \equiv F) \right) \right) \right] \rightarrow ;$$

$$\rightarrow M \uparrow UO(j, q)$$

$$A.7 \forall j \forall i \left[ \begin{array}{l} ((ZP(i, j) \vee ZU(i, j)) \equiv F) \wedge \\ \wedge VPC(ud, Nz_j) \wedge M UO(j, q) \wedge \\ \wedge M \uparrow NC(i, j) \end{array} \right] \equiv T \rightarrow PC(j, q);$$

$$A.8 \forall j \forall i VVZ(Nv_{ij}) \rightarrow L \uparrow (VM(j, i) \vee OVZ(j));$$

$$A.9 \forall j \forall y \forall i \left[ \begin{array}{l} VPC(ud, Nz_j) \wedge VVZ(Nv_{ij}) \wedge \\ \wedge (RVZ(j, q) \equiv F) \wedge M \uparrow PC(y, i) \wedge \\ \wedge (VPC(pr, Nz_y) \vee VPC(dm, Nz_y)) \end{array} \right] \equiv T \rightarrow \\ \rightarrow L PC(y, i),$$

де  $ud, pr, dm$  – предметні змінні, що характеризують призначення ЗПН в ударі, що приймають відповідно значення: ударна, прикриття і демонстраційна;  $VPC(ud, Nz_j)$  – предикат, що відповідає визначенню призначення  $j$ -ї цілі в ударі;  $NVO(j, q)$  – предикат, що відповідає висловленню "j-а ціль курсом на q-й об'єкт";  $SRBD(D_q, R_j^{TD})$  – предикат, що відповідає визначенню можливості дії цілі по об'єкту з урахуванням радіусу бойових дій ( $D_q$  – дальність до q-го об'єкта,  $R_j^{TD}$  – тактичний радіус дії ЗПН);  $PC(j, q)$  – предикат, що відповідає призначенню j-го ЗПН на q-й об'єкт;  $VVZ(Nv_{ij})$  – предикат, що відповідає виявленню впливу по ЗПН;  $UO(j, q)$  – предикат, що відповідає можливості знищення j-м ЗПН q-го об'єкта;  $L \uparrow$  – модальний оператор "необхідно в майбутньому";  $VM(j, i)$  – предикат, що відповідає необхідності виконання маневру;  $OVZ(j)$  – предикат, що відповідає відмові ЗПН від виконання завдання;  $RVZ(j, q)$  – предикат, що відповідає виразу "j-а ціль досягла РВЗ по q-му об'єкту".

Аксиоми А.5, А.6 визначають цільові настанови ПП. В аксіомах А.7 визначені умови призначення ударних ЗПН на об'єкт. Аксиома А.9 описує можливі дії ЗПН прикриття й відволікаючих цілей у випадку виникнення загрози зриву виконання бойової задачі

ударними ЗПН. В аксіомі А.8 визначена реакція ЗПН при виявленні впливу по ній вогневого засобу.

Використання класичних правил виведення (таких як *modus ponens*, *modus tollens* та ін.) дозволяє реалізовувати процедури додавання наслідків та створювати аксіоми вищих порядків відповідно до умов обстановки.

## Висновки

Розроблена модель знань може бути використана як елемент бази знань в системах підтримки прийняття рішень по управлінню вогневими засобами угруповання ПС, що застосовують концепцію рефлексивного управління. Разом з тим наведені базові аксіоми моделі можуть бути використані під час вирішення задачі розпізнавання типів і тактичного призначення ЗПН в ударі. За допомогою процедур додавання наслідків подана модель знань може бути адаптована до широкого кола умов повітряної обстановки.

## Список літератури

1. *Теоретичні основи автоматизації процесів вироблення рішень в системах управління Повітряних Сил / О.В. Александров, І.О. Романенко, О.І. Тимочко, М.А. Павленко. - Х: ХУПС, 2010. – 172 с.*
2. *Лефевр В.А. Рефлексия / В.А. Лефевр. - М.: Когито-Центр, 2003. – 496 с.*
3. *Виноградова Е.Ю. Интеллектуальные информационные технологии - теория и методология построения информационных систем / Е.Ю. Виноградова. - Екатеринбург: УГЭУ, 2011. – 263 с.*
4. *Єрмошин М.О. Борьба в повітрі / М.О. Єрмошин, В.М. Федай. – Х.: ХВУ, 2004. – 384 с.*

Надійшла до редколегії 22.08.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Х.А. Турсунходжаєв, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### МОДЕЛЬ ЗНАНИЙ О ТАКТИКЕ ДЕЙСТВИЙ СРЕДСТВ ВОЗДУШНОГО НАПАДЕНИЯ ПРИ ПРЕОДОЛЕНИИ ПРОТИВОВОЗДУШНОЙ ОБОРОНЫ ГРУППИРОВКИ ВОЗДУШНЫХ СИЛ

А.В. Александров

*Представленная модель знаний на основе интеллектуальных информационных технологий реализует рефлексию суждений воздушного противника при преодолении противовоздушной обороны подразделений Воздушных Сил, что позволяет ее использовать как элемент базы знаний системы поддержки принятия решений в условиях неполноты и противоречивости информации о средствах воздушного нападения.*

**Ключевые слова:** аксиома, модель знаний, правило вывода, рефлексивное управление.

### MODEL OF KNOWLEDGE ON TACTICS OF ACTION OF AIR ATTACKS IN OVERCOMING THE GROUPING AIR DEFENSE FORCES

O.V. Aleksandrov

*The presented model of knowledge, which based on intelligent information technology, implements a reflection of opinions about overcoming air enemy air defense units of the Air Force, which allows its use as an element of the knowledge base of decision support system with incomplete and contradictory information about the means of air attack.*

**Keywords:** axiom, model of knowledge, the inference rule, reflexive management.