

УДК 681.5.01:681.51

С.А. Войтович, О.В. Александров, М.І. Литвиненко

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## МОДЕЛЬ ЗНАТЬ ПРО ПОВЕДІНКУ ЗАСОБІВ ПОВІТРЯНОГО НАПАДУ В ЗОНІ ВІДПОВІДАЛЬНОСТІ УГРУПОВАННЯ ПОВІТРЯНИХ СИЛ

Подана модель знань про поведінку і тактику дії засобів повітряного нападу в зоні відповідальності угруповання Повітряних Сил на основі рефлексії суджень, що дозволяє здійснювати визначення їх типів і тактичного призначення в ударі.

**Ключові слова:** аксіома, модель знань, формалізований опис знань, засіб повітряного нападу.

### Вступ

З метою підготовки вихідних даних для прийняття рішень на розподіл зусиль угруповання Повітряних Сил (ПС) необхідно, при розробці формалізованого опису розглянутих процесів, забезпечити вирішення наступних часткових задач: формалізувати знання про процес визначення можливих бойових задач повітряного супротивника в зоні відповідальності угруповання ПС; розробити модель знань про поведінку ЗПН супротивника в зоні відповідальності угруповання ПС; формалізувати знання про процес визначення тактичної важливості повітряних цілей. Рішення другої задачі припускає використання методів рефлексивного управління та включає наступні часткові задачі: розробка формалізованих описів знань ПП про систему ППО; розробка формалізованих описів знань про поведінку ПП у зоні відповідальності угруповання ПС [1].

Кожна із протилежних 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 його поведінку, 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 ПЦ будь-якого типу, що ввійшли в зону відповідальності;
  - вплив провадиться по найближчій ПЦ;
  - вплив по черговій ПЦ провадиться, якщо вогневий засіб боеготовий та має вільні канали наведення (стрільбові канали);
  - необхідною умовою планування впливу по ПЦ є перетинання її екстрапольованої траси з зоною відповідальності вогневого засобу;
  - вплив по цілі закінчується її знищенням.
- Відповідно до наведених принципів модель

знань про систему ППО, з погляду супротивника, може бути представлена мовою модального обчислення предикатів 1-го порядку наступними аксіомами [3, 4]:

$$A.1 \quad \forall i \forall j \left[ \begin{array}{l} \text{SBD}(B_i) \wedge \text{SSK}(\text{Sk}_i) \wedge \text{VDT}(j, i) \wedge \\ \wedge (\text{NZP}(i, j) \vee \text{NZPR}(i, j)) \end{array} \right] \rightarrow \\ \rightarrow \text{NDC}(\tilde{h}_{ji}^{(1)});$$

$$A.2 \quad \forall j \forall i L(\text{PBP}(P_i^{\text{пред}}, P_{ij}) \equiv T) \rightarrow M \text{NDC}(\tilde{h}_{ji}^{(1)});$$

$$A.3 \quad \forall j \forall y \forall i \left[ \begin{array}{l} \text{NZP}(i, j) \wedge \text{NZP}(i, y) \wedge \text{SBD}(B_i) \wedge \\ \wedge \text{SSK}(\text{Sk}_i) \wedge \text{PBB}(t_{iy}^{\text{П}}, t_{ij}^{\text{П}}) \end{array} \right] \rightarrow \\ \rightarrow \text{NDC}(\tilde{h}_{ji}^{(1)});$$

$$A.4 \quad \forall i \forall j \left[ \text{NDC}(\tilde{h}_{ji}^{(1)}) \wedge (\text{PM}(m_j) \equiv F) \right] \rightarrow \\ \rightarrow M \uparrow (\text{UC}(i, j) \wedge (\text{SSK}(\text{Sk}_i) \equiv T)),$$

де  $\text{SBD}(B_i)$  – предикат, що відповідає визначенню боєздатності  $i$ -го вогневого засобу за значенням ознаки  $B_i$ ;  $\text{SSK}(\text{Sk}_i)$  – предикат, що відповідає визначенню наявності вільних каналів наведення (стрільбових каналів)  $i$ -го вогневого засобу за значенням ознаки  $\text{Sk}_i$ ;  $\text{VDT}(j, i)$  – предикат, що відповідає визначенню можливості впливу по  $j$ -й ПЦ  $i$ -м вогневим засобом за балансом часу;  $\text{NZP}(i, j)$ ,  $\text{NZPR}(i, j)$  – предикати, що відповідають визначенню факту знаходження  $j$ -ї ПЦ у зоні впливу  $i$ -го вогневого засобу (зоні поразки, області бойового впливу);  $\text{NDC}(\tilde{h}_{ji}^{(1)})$  – предикат, що відповідає призначенню на  $j$ -у ПЦ  $i$ -го вогневого засобу з параметром управління  $\tilde{h}_{ji}^{(1)}$  (реальний вплив по ПЦ);  $\text{PBB}(t_{iy}^{\text{П}}, t_{ij}^{\text{П}})$  – предикат, що відповідає визначенню найближчого вогневого засобу до  $j$ -ї ПЦ за значеннями  $t_{iy}^{\text{П}}, t_{ij}^{\text{П}}$ ;  $\text{PM}(m_j)$  – предикат, що відповідає визначенню присутності маневру  $j$ -ї ПЦ за значенням ознаки  $m_j$ ;  $M \uparrow$  – модальний оператор "мо-

жливо в майбутньому";  $UC(i, j)$  – предикат, що відповідає можливості впливу по  $j$ -й ПЦ  $i$ -м вогневим засобом;  $PBP(P_i^{пред}, P_{ij})$  – предикат, що відповідає визначенню можливості впливу по  $j$ -й ПЦ  $i$ -м вогневим засобом ( $P_i^{пред}$  – граничний курсовий параметр  $i$ -го вогневого засобу) за параметром  $P_{ij}$ .

При цьому істинність предикатів  $VDT(j, i)$ ,  $PBP(P_i^{пред}, P_{ij})$  відповідно визначається виразами:

$$VDT(j, i) \equiv \begin{cases} T, & T_i^{Мин} + t_{Оци} \leq T_{ij}^{П}; \\ F, & \text{в іншому випадку;} \end{cases}$$

$$PBP(P_i^{пред}, P_{ij}) \equiv \begin{cases} T, & P_i^{пред} > P_{ij}; \\ F, & \text{в іншому випадку;} \end{cases}$$

де  $t_{Оци}$  – час необхідний  $i$ -му вогневому засобу для завершення роботи з попередньою ПЦ;  $t_{ji}^{П}$  – підльотний час, обумовлений відповідно до виразу:

$$t_{ji}^{П} = \frac{\sqrt{x_j^2 + y_j^2 - P_{ij}^2} - \sqrt{D_{Дi}^2 - P_{ij}^2}}{V_j}$$

де  $x_j, y_j$  – координати цілі в прямокутній системі координат (з віссю  $X$  спрямованою на північ, і центром, що збігається з центром узагальненої зони впливу (зони поразки, зони бойового впливу)  $i$ -го вогневого засобу);  $P_{ij}$  – курсовий параметр цілі відносно центру

зони впливу  $i$ -го вогневого засобу;  $D_{Дi}$  – дальня границя зони впливу  $i$ -го вогневого засобу.

Істинність предикатів  $NZP(i, j)$ ,  $NZPR(i, j)$  визначається відповідно до виразів:

$$NZP(i, j) \equiv \begin{cases} T, & (D_{Дi} + t_P^{Мин} V_j)^2 \leq x_j^2 + y_j^2 \leq \\ & \leq (D_{Дi} + t_P^{Макс} V_j)^2; \\ F, & \text{в іншому випадку;} \end{cases}$$

$$NZPR(i, j) \equiv \begin{cases} T, & (D_{Бi} + t_P^{Мин} V_j)^2 \leq x_j^2 + y_j^2 \leq D_{Дi}^2; \\ F, & \text{в іншому випадку;} \end{cases}$$

де  $t_P^{Мин}$ ,  $t_P^{Макс}$  – мінімальний і максимальний час можливого впливу по цілі вогневого засобу.

Аксіома А.1 відображає цільову настанову системи ППО з погляду ПП, що полягає в необхідності впливу по всіх ПЦ, що увійшли в зону відповідальності угруповання ПС. В аксіомах А.2-А.3 записані необхідні й достатні умови (з погляду ПП) призначення впливу по ПЦ. Аксіома А.4 описує результат впливу по ПЦ.

Формалізовані знання про основні принципи функціонування системи ППО дозволяють перейти до розробки формалізованих описів знань про пове-

дінку ПП у зоні відповідальності угруповання ПС.

При розробці формалізованих описів знань про поведінку ПП у зоні відповідальності угруповання ПС з погляду системи ППО, 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 боєготові (подавлені або знищені) або здійснюють вплив по інших ПЦ.

Оскільки об'єкти, як правило, прикриті, то, для забезпечення виконання задачі ударними літаками, супротивник широко використовує допоміжні групи авіації.

Щоб забезпечити підхід літаків ударних груп до об'єктів через зони впливу вогневих засобів, 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.

При впливі вогневого засобу по ПЦ останні здійснюють різні види маневру з метою виходу із зони впливу або ухилення.

Відповідно до наведених принципів поведінки ПП при подоланні системи ППО і атаки об'єктів відповідна модель знань може бути представлена мовою модального обчислення предикатів 1-го порядку наступними аксіомами [3, 4]:

А.5

$$\forall i \forall j \forall y \forall q \left[ \begin{array}{l} \text{ONC}(ud, Nz_j) \wedge \text{NVO}(j, q) \wedge \\ \wedge (\text{ONC}(pr, Nz_y) \vee \text{ONC}(dm, Nz_y)) \wedge \\ \wedge \text{NVO}(y, i) \end{array} \right] \rightarrow \\ \rightarrow M \uparrow_t \text{PBB}(t_{ij}^{П}, t_{iy}^{П});$$

А.6

$$\forall i \forall j \forall q \left[ \begin{array}{l} \text{ONC}(ud, Nz_j) \wedge \text{SRBD}(D_q, R_j^{ТД}) \wedge \\ \text{NVO}(j, q) \wedge ((\text{SBD}(B_i) \vee \text{SSk}(\text{Sk}_i)) \equiv F) \end{array} \right] \rightarrow \\ \rightarrow M \uparrow \text{UNO}(j, q);$$

А.7

$$\forall j \forall i \left[ \begin{array}{l} \text{ONC}(ud, Nz_j) \wedge \\ \wedge ((\text{NZP}(i, j) \vee \text{NZPR}(i, j)) \equiv F) \wedge \\ \wedge M \text{UNO}(j, q) \wedge M \uparrow \text{NDC}(\tilde{h}_{ji}^{(1)}) \end{array} \right] \equiv \\ \equiv T \rightarrow \text{NCO}(j, q);$$

$$\text{А.8 } \forall j \forall i \text{OVD}(Nv_{ij}) \rightarrow L \uparrow \text{PRM}(j, i);$$

$$A.9 \quad \forall j \forall y \forall i \left[ \begin{array}{l} \text{ONC}(ud, Nz_j) \wedge \text{OVD}(Nv_{ij}) \wedge \\ \wedge (\text{DRVZ}(j, q) \equiv F) \wedge \text{MNCO}(y, i) \wedge \\ \wedge (\text{ONC}(pr, Nz_y) \vee \text{ONC}(dm, Nz_y)) \end{array} \right] \equiv \\ \equiv T \rightarrow L \text{NCO}(y, i),$$

де  $ud$ ,  $pr$ ,  $dm$  – предметні змінні, що характеризують призначення ПЦ в ударі, що приймають відповідно значення: ударна, прикриття і демонстраційна;  $\text{ONC}(ud, Nz_j)$  – предикат, що відповідає визначенню призначення  $j$ -ї цілі в ударі, за значенням ознаки  $Nz_j$ ;  $\text{NVO}(j, q)$  – предикат, що відповідає висловленню "j-а ціль курсом на q-й об'єкт";  $\text{SRBD}(D_q, R_j^{TD})$  – 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 j-й цілі;  $\text{NCO}(j, q)$  – предикат, що відповідає призначенню j-ї цілі на q-й об'єкт;  $\text{OVD}(Nv_{ij})$  – предикат, що відповідає виявленню впливу по цілі за значенням ознаки  $Nv_{ij}$ ;  $\text{UNO}(j, q)$  – предикат, що відповідає можливості знищення j-ю ПЦ q-го об'єкта;  $L \uparrow$  – модальний оператор "необхідно в майбутньому";  $\text{PRM}(j, i)$  – предикат, що відповідає необхідності виконання маневру;  $\text{DRVZ}(j, q)$  – предикат, що відповідає виразу "j-а ціль досягла РВЗ по q-му об'єкту".

Істинність предикатів  $\text{ONC}(ud, Nz_j)$ ,  $\text{SRBD}(D_q, R_j^{TD})$ ,  $\text{NVO}(j, q)$ ,  $\text{DRVZ}(j, q)$  визначається відповідно до виразів:

$$\text{ONC}(ud, Nz_j) \equiv \begin{cases} T, & ud \equiv Nz_j; \\ F, & \text{в іншому випадку;} \end{cases}$$

$$\text{NVO}(j, q) \equiv \begin{cases} T, & \frac{|\varphi_{jq} - \hat{\varphi}_j|}{\Delta\varphi_q^{\text{макс}}}; \\ F, & \text{в іншому випадку;} \end{cases}$$

$$\text{SRBD}(D_q, R_j^{TD}) \equiv \begin{cases} T, R_j^{TD} \geq D_q; \\ F, R_j^{TD} < D_q; \end{cases}$$

$$\text{DRVZ}(j, q) \equiv \begin{cases} T, R_j^{B3} \geq D_q; \\ F, R_j^{B3} < D_q \end{cases}$$

Аксіоми А.5, А.6 визначають цільові настанови ПП. В аксіомах А.7 визначені умови призначення ударних ПЦ на об'єкт. Аксіома А.9 описує можливі дії ПЦ прикриття й відволікаючих цілей у випадку виникнення загрози зриву виконання бойової задачі ударними ПЦ. В аксіомі А.8 визначена реакція ПЦ при виявленні впливу по ній вогневого засобу.

Розроблений формалізований опис знань про характер поведінки і тактики дій ПП у зоні відповідальності угруповання ПС дозволяє перейти до визначення типів і тактичного призначення ЗПН в ударі, за допомогою яких можливе виконання бойових задач ПП.

### Список літератури

1. Войтович С.А. Методика оценки тактической важности средств воздушного нападения для принятия решения на распределение огня зенитных ракетных подразделений группировки ЗРВ / С.А. Войтович, И.А. Романенко, А.В. Александров. – Х.: ХУПС, 2005. – Вып. 4(44). – С. 16-22.
2. Романенко И.А. Метод автоматизированной оценки воздушного противника на командном пункте группировки ЗРВ с использованием стратегии рефлексивного управления второго ранга / И.А. Романенко, А.В. Александров. – Х.: ХУПС, 2006. – Вып. 3(9). – С. 28-31.
3. Низиенко Б.И. Методика автоматизированного синтеза формализованных описаний знаний для распознавания воздушных объектов / Б.И. Низиенко, О.В. Шевченко, А.В. Александров. – Х.: ХВУ, 2004. – Вып. 4(32). – С. 109-115.
4. Нізієнко Б.І. Метод формалізації знань про закономірності прояву ознак для системи підтримки прийняття рішень перспективних КЗА / Б.І. Нізієнко, С.А. Войтович, О.В. Александров // III Наук. конф. молодих вчених ХВУ (12 – 13 листопада 2003). Тези доповідей. – 2003. – С. 96.

Надійшла до редколегії 2.03.2010

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

### МОДЕЛЬ ЗНАНИЙ О ПОВЕДЕНИИ СРЕДСТВ ВОЗДУШНОГО НАПАДЕНИЯ В ЗОНЕ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ГРУППИРОВКИ ВОЗДУШНЫХ СИЛ

С.А. Войтович, А.В. Александров, М.И. Литвиненко

Подана модель знань о поведении и тактике действий средств воздушного нападения в зоне ответственности группировки Воздушных Сил на основе рефлексии суждений, что позволяет осуществлять определения их типов и тактического назначения в ударе.

**Ключевые слова:** аксиома, модель знаний, формализованное описание знаний, средство воздушного нападения.

### MODEL OF KNOWLEDGES ABOUT THE CONDUCT OF FACILITIES OF AIR ATTACK IN THE AREA OF RESPONSIBILITY OF GROUPMENT OF AIRCRAFTS

S.A. Voytovich, A.V. Aleksandrov, M.I. Litvinenko

The model of knowledges is given about a conduct and tactic of actions of facilities of air attack in the area of responsibility of groupment of Aircrafts on the basis of reflection of judgements, that allows to carry out determinations of their types and tactical setting in a blow.

**Keywords:** axiom, model of knowledges, formalized description of knowledges, mean of air attack.