

УДК 681.3

Н.О. Королюк

*Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків*

## **МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПЕРЕХВАТУ ВИНИЩУВАЧАМИ ПОВІТРЯНИХ ЦІЛЕЙ ПРОТИВНИКА В УМОВАХ НЕСТОХАСТИЧНОЇ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ**

*У статті запропонована модель визначення параметрів запланованого перехвату в умовах нестохастичної невизначеності, що відповідає логіці міркувань офіцерів бойового управління та враховує ієрархічні зв'язки між властивостями параметрів, які визначаються.*

*логіко-лінгвістична ієрархічна продукційна модель, параметри перехвату, лінгвістична змінна, таблиця лінгвістичних правил*

### **Вступ**

При вдосконалюванні існуючого та розробці перспективного спеціального математичного та програмного забезпечення комплексів засобів автоматизації пунктів управління Повітряних Сил тактичного рівня доцільним є застосування когнітивних методів автоматизації процесів визначення параметрів запланованого перехвату (ПЗП) винищувачами повітряних цілей (ПЦ) противника, що припускають використання інтелектуальних інформаційних технологій, які ґрунтуються на інженерії знань, та дозволяють розширити склад задач, які вирішуються автоматизовано у процесі прийняття рішень [1].

Розвиток методів представлення знань засновано на використанні моделей, які пристосовані до природної мови особи, яка приймає рішення (ОПР), та моделюють суб'єктивні методи перетворення інформації.

**Постановка задачі.** Моделі представлення знань діляться на два типи: логічні та евристичні [2]. Логічні моделі дозволяють представити знання про задачі логіко-аналітичного, розрахункового та пошукового характеру. Однак ряд істотних недоліків (немає строгої процедури підбора аксіом для організації логічного виведення; не завжди є можливість одержання результату рішення; наявність невизначеності вихідної інформації не дозволяє організувати логічне виведення на формалізованих структурах знань) обмежують їх застосування для представлення процесу вироблення рекомендацій. Евристичні моделі (мережні, фреймові та продукційні) мають більш різноманітний набір засобів, що передають специфічні особливості проблемної області.

Найбільше практичне застосування знайшли системи, які ґрунтуються на нечіткій логіці, продукційних і нейронних моделях знань [3].

Штучні нейронні мережі мають обмеження в можливостях з одержання пояснень про процес вироблення рішень, апарат формалізації є громіздким і

модифікувати його важко [4].

Для природного опису логіки поведінки найбільше підходять продукційні моделі знань [1, 3]. Основним їх недоліком є розростання системи продукцій при описі складних динамічних систем.

Таким чином, виникає задача розробки моделі визначення ПЗП в умовах нестохастичної невизначеності, що відповідає логіці міркувань офіцерів бойового управління та враховує ієрархічні зв'язки між властивостями параметрів, які визначаються.

**Мета статті** полягає у визначенні моделі, яку необхідно застосувати як математичний апарат обробки інформації при визначенні параметрів запланованого перехвату.

### **Основний матеріал**

Для задач, які не піддаються строгій формалізації і мають логіко-аналітичний характер, у тому числі виробленню рекомендацій з визначення параметрів перехвату, використовується нечітка логіка як засіб моделювання невизначеності природної мови [2]. У зв'язку з тим, що вирішення задачі автоматизованого вироблення рекомендацій по визначенню параметрів перехвату принципово не можливо без залучення кількісної і якісної інформації, то пропонується введення понять нечіткої множини та лінгвістичної змінної [1, 4]. Штучне введення однозначності означає огрубіння вихідних даних і може сприяти одержанню нехай чіткого, але невірною результату, який явно суперечить здоровому глузду. У цьому зв'язку використовуємо лінгвістичні моделі для перетворення даних, представлених у лінгвістичній формі на спеціальну мову представлення знань.

Отже, визначимо як базову математичну модель процесу визначення ПЗП в умовах нестохастичної невизначеності при неоднорідній і нечіткій вхідній інформації логіко-лінгвістичну продукційну модель, що відображає динамічні зв'язки між змінними слабоформалізованого процесу [5].

Проаналізуємо існуючі підходи опису процесу прийняття рішень у складних ситуаціях [6].

У класичній теорії елемент структури, що виконує елементарне завдання, не має право приймати рішення. Теорія поведінки виявляє зацікавленість до елементів структури, що мають неформальну організацію. У системно-орієнтованих підходах відсутнє чітке виділення елементів структури.

Для опису процесу негайного прийняття та виконання рішення при неясності щодо наслідків різних альтернативних дій найбільш доцільний ієрархічний підхід, суть якого полягає у визначенні сімейства проблем, їх вирішення послідовним шляхом так, що вирішення будь-якої проблеми із цієї послідовності визначає і фіксує параметри в наступній проблемі, так що остання стає повністю визначеною і можна приступитися до її вирішення.

Таким чином, як математична модель визначення параметрів перехвату визначена логіко-лінгвістична продукційна ієрархічна модель.

Логіко-лінгвістична продукційна модель обумовлена такими аксіомами.

1. Задано такі множини:

– множина вхідних впливів  $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ ,  $x_i^* \in [x_i, \bar{x}_i]$ ;

– множина станів  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , що являють собою лінгвістичні змінні, які характеризуються наборами  $(x_i, S(x_i), X_i, G_i, M_i)$ ,  $i = \overline{1, n}$  ( $x$  – назва лінгвістичної змінної,  $S(x)$  – терм-множина змінної  $x$ , елементи якої  $\alpha_j, j = \overline{1, n}$  – суть найменування нечітких змінних  $\langle \alpha, X, \tilde{C}(\alpha) \rangle$  як лінгвістичних значень лінгвістичної змінної, де  $X$  – область визначення нечіткої змінної,  $\tilde{C}(\alpha) = \{ \mu_{\tilde{C}(\alpha)}(x) / x \}$ ,  $x \in X$ ,  $\mu_{\tilde{C}(\alpha)}(x)$  – значення функції приналежності;  $G$  – синтаксичне правило, що породжує найменування змінної  $\alpha \in S(x)$ ;  $M$  – синтаксичне правило, що ставить у відповідність кожній змінної  $\alpha \in S(x)$  нечітку множину  $\tilde{C}(\alpha)$ );

– множина вихідних значень  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$ , які також являють собою лінгвістичні змінні, що характеризуються наборами  $(y_k, S(y_k), Y_k, G_k, M_k)$ ,  $k = \overline{1, m}$ , причому  $S(y)$  – терм-множина змінної  $y$ , елементи якої  $d_z, z = \overline{1, m}$  – суть найменування нечіткої змінної  $\langle d, Y, \tilde{C}(d) \rangle$  як лінгвістичних значень лінгвістичної змінної, де  $Y$  – область визначення нечіткої змінної,  $\tilde{C}(d) = \{ \mu_{\tilde{C}(d)}(y) / y \}$ ,  $y \in Y$ ,  $\mu_{\tilde{C}(d)}(y)$  – значення функції приналежності.

2. Задано відображення виходу  $R: x(t) \rightarrow d$ , що

визначає вихідну величину  $y = d_z, z = \overline{1, m}$ . Відображення  $R$  визначається множиною наборів правил  $R = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ , таких що

$$R: \left\{ \begin{array}{l} \text{IF } x_1 = \alpha_1^1 \text{ AND } x_2 = \alpha_2^1 \dots [\text{AND } x_k = \alpha_k^1] \dots x_n = \alpha_n^1 \\ \text{THEN } y_1 = d_1, \\ \text{IF } x_1 = \alpha_1^2 \text{ AND } x_2 = \alpha_2^2 \dots [\text{AND } x_k = \alpha_k^2] \dots x_n = \alpha_n^2 \\ \text{THEN } y_2 = d_2, \\ \dots \dots \dots \\ \text{IF } x_1 = \alpha_1^m \text{ AND } x_2 = \alpha_2^m \dots [\text{AND } x_k = \alpha_k^m] \dots x_n = \alpha_n^m \\ \text{THEN } y_m = d_m. \end{array} \right. ,$$

де  $k_i$  – кількість правил у наборі  $r_i$ ,  $i = \overline{1, n}$  (елементи у квадратних дужках є необов'язковими).

Кількість правил набору перебуває в діапазоні  $0 < k_i \leq \prod_{i=1}^n \text{card}(S(x_i))$ , де  $\text{card}(S(x_i))$  – потужність

терм-множини змінної  $x_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ . Виходячи з того, що будь-яка ієрархічно організована структура ґрунтується на класифікаційних ознаках побудови дерева ієрархії для відображення взаємозв'язку частково впорядкованих множин, то як остов дерева використовується ієрархія задач, які розв'язуються при виробі рекомендацій з визначення параметрів перехвату  $L = \{L_0, L_1, \dots, L_m\}$ .

Кожний рівень ієрархії визначає своя підмножина системи  $L_r = \{I_1^r, \dots, I_k^r\}$  (рис. 1).

Тоді під логіко-лінгвістичною ієрархічною продукційною моделлю будемо розуміти логіко-лінгвістичну продукційну модель, що має вигляд

$$\bigcup_{j=1}^{m_i} \text{conseq} R_{i-1,j}^k = \text{antec} R_i^k,$$

де  $R_1 : \bigcup_{j=1}^{m_{n_0}} L_{0,j} \rightarrow L_1, L_0 = \{I_1^0, I_2^0, \dots, I_{k_0}^0\}$ ;

$$R_2 : \bigcup_{j=1}^{m_{n_1}} L_{1,j} \rightarrow L_2, L_1 = \{I_1^1, I_2^1, \dots, I_{k_1}^1\};$$

.....

$$R_m : \bigcup_{j=1}^{m_{n_{m-1}}} L_{m-1,j} \rightarrow L_m, L_m = \{I_1^m, I_2^m, \dots, I_{k_m}^m\};$$

$I_{ij}^k$  – лінгвістичні змінні.

Динаміку процесу визначення параметрів перехвату опишемо за допомогою взаємозалежних таблиць лінгвістичних правил, що зв'язують поточні й майбутні стани процесу, який описується [1]

$$Y = R(X_{k-1}, X_k),$$

де  $X_{k-1}, X_k$  – стани системи;

$R$  – відношення зв'язку;

$k$  – крок дискретизації моделі.

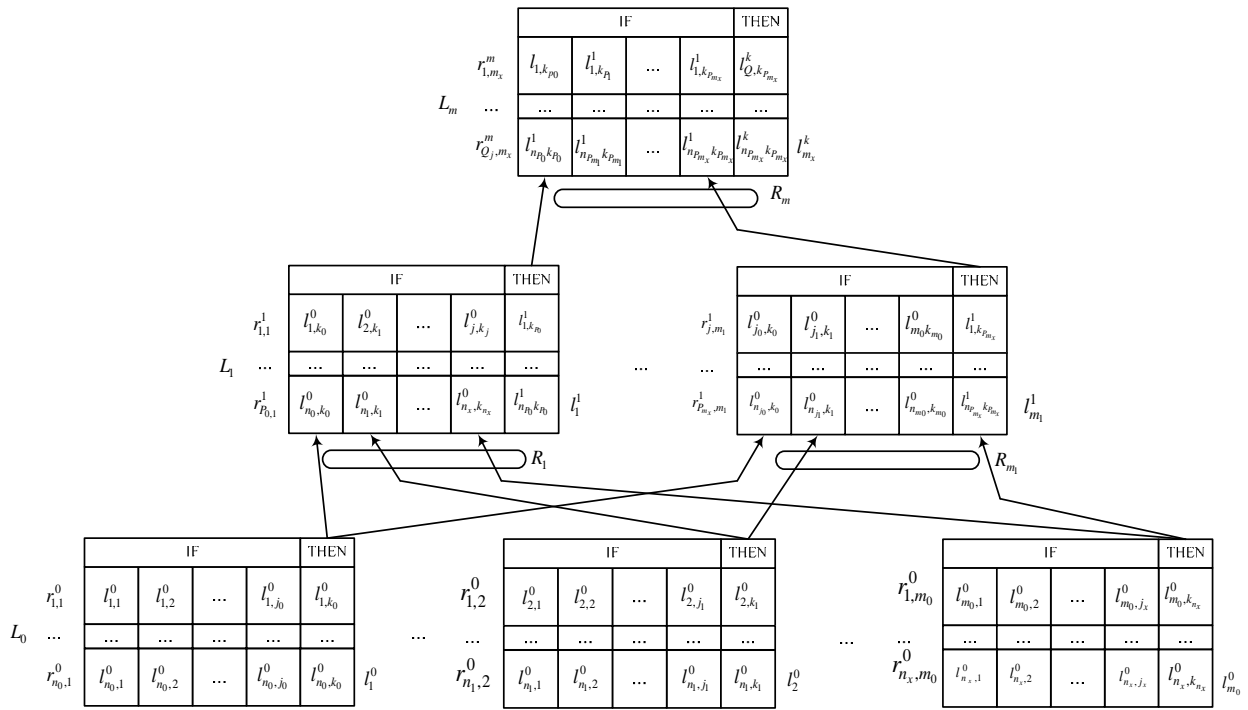


Рис. 1. Логіко-лінгвістична ієрархічна продукційна модель визначення параметрів перехвату

Приклад такого відображення представлений у табл. 1.

Таблиця 1

Таблиця лінгвістичних правил слабоформалізованого процесу  $Y = X_{k-1} \circ X_k$

$X_{k-1} \backslash X_k$	NB	NS	ZE	PS	PB
NB	NB	NB	NB	NS	ZE
NS	NB	NB	NS	ZE	PS
ZE	NB	NB	ZE	PB	PB
PS	NS	ZE	PS	PB	PB
PB	ZE	PS	PB	PB	PB

За допомогою таблиць лінгвістичних правил описується база знань об'єкта. Вершини дерева ієрархічної системи - таблиці лінгвістичних правил, а дуги - метаправила, на підставі яких відбувається вибір потрібної таблиці у випадку зміни поточної мети.

### Висновки

Таким чином, як математичний апарат обробки інформації при визначенні параметрів запланованого перехвату при неоднорідній і нечіткій вхідній інформації запропонована логіко-лінгвістична продукційна ієрархічна модель, що дозволяє моделювати невизначеності природної мови, враховувати ієрархічні зв'язки між властивостями параметрів та відповідає логіці міркувань офіцерів бойового управління, яка відрізняється від існуючих:

– формалізацією опису знань про процеси визначення параметрів перехоплення при невизначеній

інформації про повітряну обстановку і дії повітряних цілей противника;

– введенням ієрархічних взаємозв'язків між інформаційними об'єктами, що ґрунтуються на класифікаційних ознаках, у логіко-лінгвістичній продукційній моделі представлення знань.

### Список літератури

1. Королюк Н.А. Формирование продукционных правил определения целесообразных параметров перехвата истребителями воздушных целей в условиях нестохастической неопределенности // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – 2007. – №1 (20). – С. 94-100.
2. Теоретические основы автоматизации процессов выработки решений в системах управления / В.Е. Ярушек, В.П. Прохоров, Б.Н. Судаков, А.В. Мишин. – Х.: ХВУ, 1993. – 446 с.
3. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 452 с.
4. Искусственный интеллект. Справочник в 3-х книгах. Книга 2. Модели и методы / Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Радио и связь, 1990. – 304 с.
5. Поспелов Д.А. Логико-лингвистические модели в системах управления. – М.: Энергоиздат, 1981. – 190 с.
6. Месарович М. Теория иерархических многоуровневых систем. – М.: Мир, 1973. – 344 с.

Надійшла до редколегії 2.03.2007

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.Ю. Соколов, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків.