

УДК 623.618.51

О.І. Тимочко, Є.С. Лошаков, М.Б. Бровко

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

### **УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ОБРОБКИ ЗНАНЬ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ ЛІТАКОМ З УРАХУВАННЯМ ВИБРАНОГО РЕЖИМУ ПОЛЬОТУ**

*Ефективне застосування авіації ґрунтується на ретельному аналізі і оцінці факторів, що впливають на процес наведення літака на повітряну (наземну) ціль. Здійснено класифікацію факторів впливу на процес управління динамічним об'єктом. Вдосконалено метод обробки знань для управління літаком у вертикальній площині при виконанні ним завдання з урахуванням режиму набору висоти та швидкості.*

**Ключові слова:** управління, динамічний об'єкт, обробка знань, алгебраїчна апроксимація, продукційне правило, нестохастична невизначеність.

#### **Вступ**

**Постановка проблеми.** Аналіз ходу воєнних конфліктів і проведення антитерористичних операцій свідчить про зростання ролі авіації у вирішенні широкого кола питань. У повітрі фактично забезпечується досягнення мети операцій шляхом знищення засобів повітряного і наземного нападу [1, 2]. Тому особлива роль належатиме аналізу і оцінці факторів, що впливають на процес наведення літаків на повітряні (наземні) цілі. Рішення вказаного завдання здійснюється в умовах нестохастичної невизначеності при обробці неоднозначних, неповних, суперечливих даних і знань. На основі цих факторів в системі підтримки прийняття рішень (СППР) формуватиметься множина продукційних правил визначення доцільних стратегій плануємого впливу на ціль на основі рішення багатокритеріальної задачі оптимізації в нечіткій постановці. Порядок обробки множини вказаних продукційних правил з метою виявлення найбільш впливових на процес наведення літаків на повітряні (наземні) цілі факторів потребує суттєвого доопрацювання.

Таким чином, удосконалення методу обробки знань в СППР для управління літаками різних ро-

дів авіації (динамічних об'єктів) в умовах нестохастичної невизначеності є актуальною науковою проблемою.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Відомий підхід щодо прийняття рішень про визначення перспективних зразків озброєння при нечіткому опису їх інформаційного ресурсу [3]. Разом з тим встановлено, що управління складними динамічними об'єктами, такими як авіаційні комплекси, здійснюється в умовах нестохастичної невизначеності [4]. Тому сукупність факторів, що впливають на наведення літака на повітряні (ПЦ) та наземні цілі (НЦ) може оцінюватися експертами, кожен з яких своє суб'єктивне судження про нечітке бінарне відношення несупорядкованої переваги елементів множини представляє функцією приналежності у вигляді матриці [5, 6]. У відповідності з цією методологією формується усереднена матриця з урахуванням ваг експертів. Ця матриця дозволяє отримати матрицю значень функції приналежності нечіткого бінарного відношення супорядкованої переваги, яка дає можливість визначити з множини факторів такі, що найбільш суттєво впливають на процес наведення літака на ПЦ (НЦ). На основі цих факторів можливо сформулювати множину продукційних правил визначення до-

цільних стратегій плануемого наведення літака на повітряну (наземну) ціль.

**Метою роботи** є вдосконалення методу обробки знань для управління літаком у вертикальній площині при виконанні ним завдання з перехоплення ПЦ (впливу по НЦ) з урахуванням режиму набору висоти та швидкості та дії найбільш впливових факторів.

### Основний матеріал

Ретельний аналіз можливих чинників, що впливають на якість виконання завдань літаками, дозволить здійснити їх класифікацію. Фактори, які мають вплив на процес наведення винищувача на повітряну ціль та ударного літака (літака транспортної авіації) при виконанні завдання по наземній цілі, наведені відповідно на рис. 1.

На рисунках виділені фактори, що враховуються у відомих моделях, які використовуються в процесі управління динамічними об'єктами. Разом з тим вперше визначена множина параметрів, що пропонується враховувати в запропонованих моделях.

В роботі [7] визначається множина параметрів, що найбільш суттєво впливають на вибір стратегії перехоплення винищувачем ПЦ. Це такі параметри: початковий курсовий кут, дальність виявлення цілі, маневр винищувача курсом, швидкість винищувача, висота винищувача. На основі цих параметрів формується множина продукційних правил визначення доцільних стратегій плануемого перехоплення.

Нехай базовою математичною моделлю опису визначення параметрів наведення винищувача на повітряну ціль в умовах нестохастичної невизначеності використано логіко-лінгвістичну продукційну модель. При побудові дерева ієрархії за остов дерева використовуємо ієрархію завдань, що вирішуються при виробленні рекомендацій за визначенням параметрів наведення  $L = \{L_0, L_1, \dots, L_m\}$ . Кожен рівень ієрархії визначає своя підмножина системи  $L_r = \{I_1^{(r)}, \dots, I_k^{(r)}\}$ . Тоді логіко-лінгвістична ієрархічна продукційна модель має вигляд:

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

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

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

. . . . .

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

де  $I_{ij}^{(k)}$  – лінгвістичні змінні.

Динаміку процесу визначення параметрів наведення опишемо за допомогою взаємозв'язаних таб-

лиць лінгвістичних правил, що зв'язують поточні і майбутні стани описуваного процесу

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

де  $X_{k-1}, X_k$  – стани системи;  $R$  – відношення зв'язку;  $k$  – крок дискретизації моделі.

Приклад такого відображення представлений в табл. 1. За допомогою таблиць лінгвістичних правил описується база знань об'єкту. Вершини дерева ієрархічної системи – таблиці лінгвістичних правил, а дуги – метаправила, на підставі яких відбувається вибір потрібної таблиці у разі зміни поточної цілі СППР. Рух по дереву цілей визначає СППР, що моделює центральну стратегію прийняття рішень.

Побудуємо таблиці лінгвістичних правил на основі продукційних правил визначення доцільних стратегій плануемого наведення. Нехай задано множину  $S = \{NB, NS, ZE, PS, PB\}$  нечітких змінних. В цієї множині нечіткими елементами із заданими функціями приналежності є: NB – negative big (дуже поганий), NS – negative small (не дуже поганий), ZE – zero (середній елемент), PS – positive small (не дуже хороший), PB – positive big (дуже хороший). Тоді системи продукцій представляють відображення нечітких змінних лінгвістичних змінних «Початковий курсовий кут винищувача» ( $x_1$ ) та «Дальність виявлення ПЦ» ( $x_2$ ) у нечіткі змінні лінгвістичної змінної «Тактичне положення винищувача» ( $Y$ ), а також «Маневр винищувача курсом» ( $x_3$ ) і «Маневр винищувача висотою» ( $x_4$ ) – у «Висота винищувача» ( $Z$ ).

Таблиця 1

Таблиця лінгвістичних правил

Пра- вила	Посилка (антецедент) $X_k = (x_1, x_2, \dots, x_n)$				Заключення (консеквент) $X_{k+1}$
	$x_1$	$x_2$	...	$x_n$	$Y$
$R_1$	NB	ZE	•	•	•
$R_2$	•	PS	•	NS	ZE
...	•	•	•	•	•
$R_m$	ZE	•	•	•	•

Система продукцій приймає участь у виконанні таких завдань: побудова таблиць лінгвістичних правил для кожної цілі, формування критеріїв роботи СППР щодо основних властивостей вхідних змінних, визначення видів функції приналежності і потужності базових терм-множин лінгвістичних змінних, використовуваних в таблицях.

Після підготовки всіх цих елементів визначається конкретна таблиця для досягнення поставленої цілі. Будь-які процеси, представлені у вигляді таблиць лінгвістичних правил, можна адекватно описати за допомогою алгебраїчної моделі. Оскільки лінгвістична множина всіх змінних є такою, що гомогенізує, існує можливість формалізувати (апроксимувати) продукції у вигляді алгебраїчних конструкцій [8, 9].

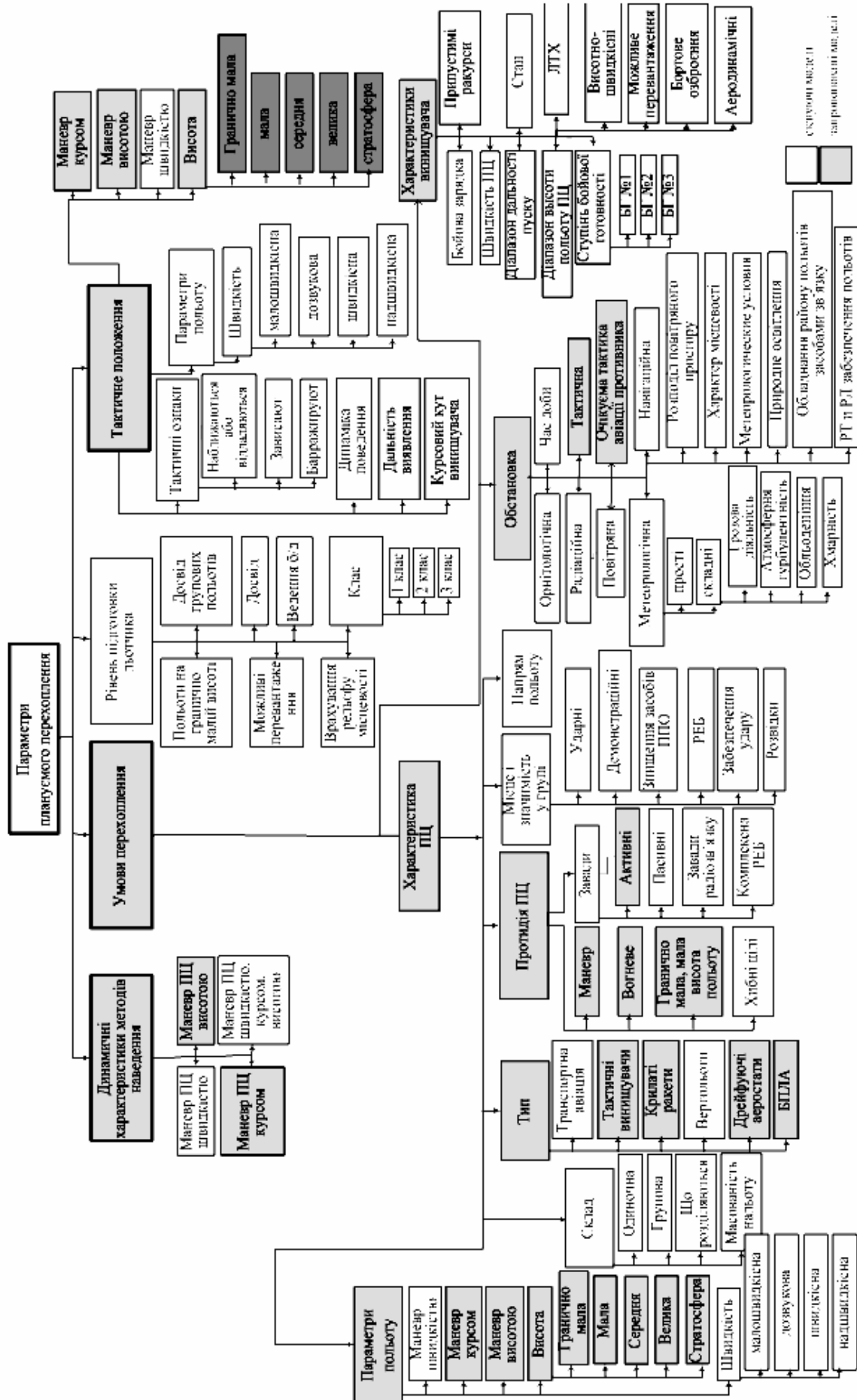


Рис. 1. Фактори що, впливають на визначення параметрів плануємого перехоплення повітряної цілі винищувачем

Алгебраїчні системи – це множини, на яких визначені одна або декілька операцій, що відображають цей закон, за яким деяким впорядкованим парам елементів даної множини  $S = \{S_1, \dots, S_n\}$  ставляться у відповідність один або декілька елементів з  $S = \{S_1, \dots, S_n\}$ .

Мета створення алгебраїчної системи для лінгвістичних продукційних моделей – забезпечення властивостей, аналогічних властивостям евклідових просторів (створення абстрактного векторного простору). Базова терм-множина  $S = \{S_1, \dots, S_n\}$  на відміну від множини евклідового простору є кінцевою, а кожен його елемент – лінгвістичним значенням.

Уніфікований підхід пропонує розглядати не підмножини змінних, що беруть участь в конкретних правилах, а множина всіх змінних, як в посилючі, так і на закінчення правила. Тоді ці змінні можна представити у вигляді різних рішень при фіксованих значеннях вхідних змінних.

При використанні моделей, заснованих на нечіткому представленні, відбувається перехід до лінгвістичних правил (табл. 1). Ця математична модель дозволяє перейти до обробки знань для підтримки прийняття рішень на застосування авіації. Вона складається з таких етапів:

1. Аналіз вхідної інформації: фіксується вектор значень вхідних змінних і визначаються нечіткі змінні лінгвістичних змінних за значеннями ознак.
2. Визначення значень функцій приналежності для значень вхідних змінних.
3. Застосування процедури алгебраїчної апроксимації у вигляді продукційних правил;
4. Застосування методу нечіткої ідентифікації, що полягає у використанні нечітких логічних рівнянь, отриманих на основі таблиць лінгвістичних правил, і дозволяє обчислювати значення функцій приналежності.
5. Здійснення нечіткого логічного виводу [10].

Метод обробки знань для управління літаками з урахуванням режиму польоту представлений на рис. 2.

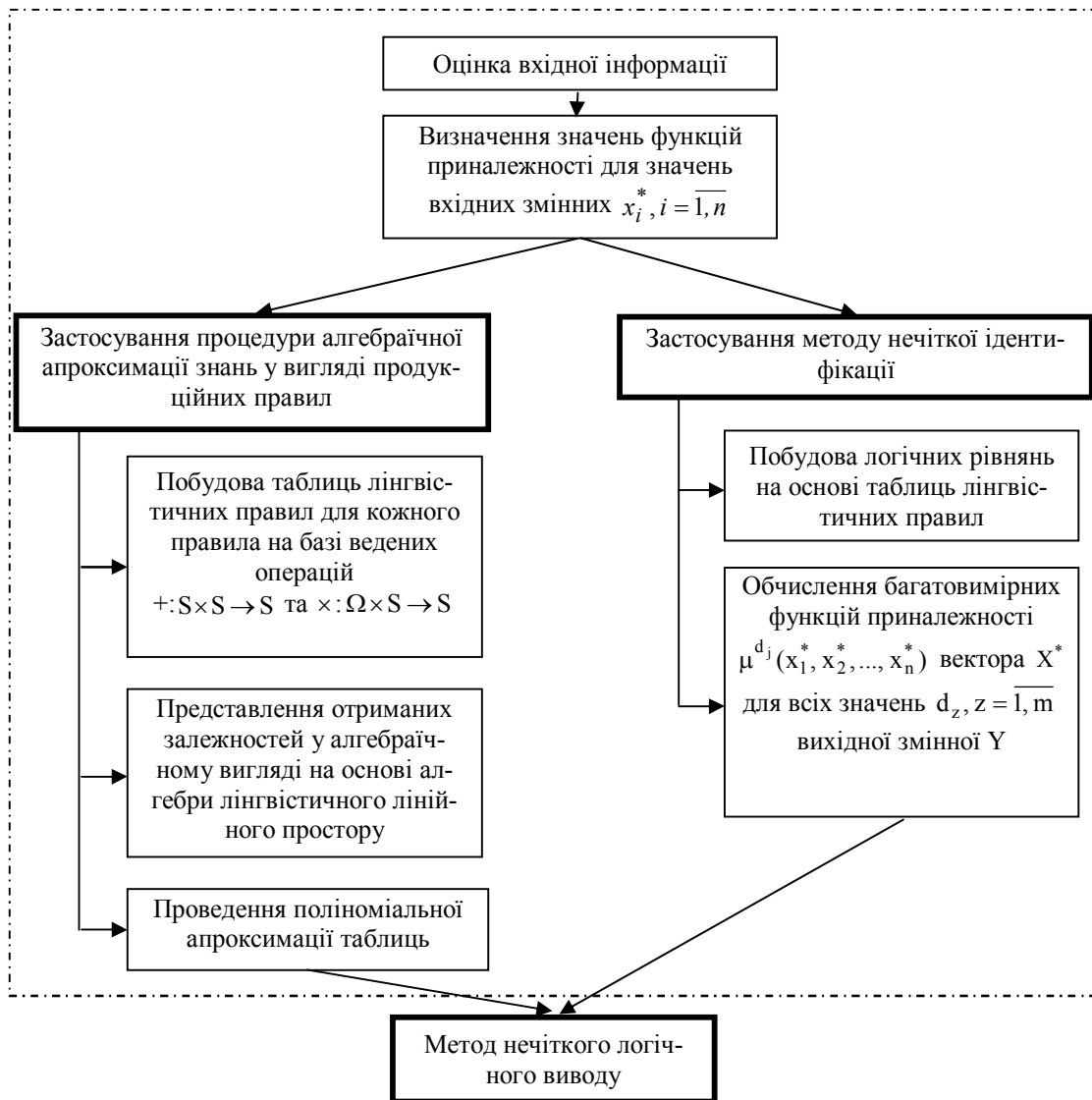


Рис. 2. Метод обробки знань для управління винишувачем у вертикальній площині при виконанні перехоплення з урахуванням режиму набору висоти та швидкості

## Висновки

Таким чином, вперше запропоновано класифікацію факторів, які впливають на процес наведення літаків на повітряні (наземні) цілі. Ці фактори стали основою запропонованого методу обробки знань з визначенням доцільних стратегій планованого перехоплення ПЦ (нанесення удару по ПЦ) для підтримки прийняття рішень, що забезпечує представлення і обробку неоднозначних, неповних, суперечливих даних і знань, які поступають до системи управління. Він дозволяє обробляти множину продукційних правил визначення доцільних стратегій запланованого перехоплення (нанесення удару по наземних цілях), сформованих в результаті рішення багатокритеріальної задачі оптимізації в нечіткій постановці; визначати послідовність продукційних правил, які найповніше впливають на процес визначення доцільної стратегії; визначати функції приналежності нечітких змінних лінгвістичної змінної, для якої недоцільне застосування процедури алгебраїчної апроксимації з метою зменшення кількості визначуваних її продукційних правил; адаптувати рекомендації до змін тактичної обстановки.

Даний метод відрізняється від відомих врахуванням низки факторів, що впливають на рішення завдань управління літаками при їх наведенні також на наземні цілі і розширенням системи відповідних продукційних правил, використовуваних при рішенні завдань зазначеного класу.

## Список літератури:

1. Александров А. НАТО против Югославии: хроника необъявленной войны / А. Александров // Зарубежное военное обозрение. – 1999. – № 6. – С. 7-11; № 7. – С. 10-14; № 8. – С. 10.
2. Барвиненко В.В. Уроки и выводы из войны в Ираке / В.В. Барвиненко, Г.А. Березкин, В.А. Меньшиков // Военная мысль. – 2003. – № 7. – С. 58-78.
3. Більчук В.М. Прийняття рішень щодо визначення перспективних зразків озброєння при нечіткому опису

їх інформаційного ресурсу / В.М. Більчук // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: ХУПС, 2006. – Вип. 4(8). – С. 124-130.

4. Королюк Н.О. Модель визначення параметрів перехвату винищувачами повітряних цілей противника в умовах нестохастичної невизначеності / Н.О. Королюк // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: ХУПС, 2007. – Вип. 1(9). – С. 125-127.

5. Романенко И.А. Метод автоматизированной оценки воздушного противника на командном пункте группировки ЗРВ с использованием стратегии рефлексивного управления второго ранга / И.А. Романенко, Александров А.В. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил, 2006. – Вип. 3(9). – С. 28-31.

6. В Выбор метода решения задачи распознавания воздушных объектов в экспертной системе реального времени / В.А. Затхей, А.В. Александров, М.А. Павленко, А. Першин // Моделирование та інформаційні технології. – К.: НАНУ, ИПМЕ. – 2004. – Вип. 26. – С. 67-74.

7. Королюк Н.О. Наведення винищувачів на повітряні цілі як складова частина процесу бойового управління авіацією / Н.О. Королюк, О.І. Тимочко // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2005. – № 2 (42). – С. 53-61.

8. Королюк Н.О. Особенности формализации лингвистических знаний, які використовуються при описі процесу вибору параметрів запланованого перехвату при призначенні впливів винищувачами на повітряні цілі / Н.О. Королюк, О.І. Тимочко, О.А. Коршец // Системи озброєння і військова техніка. – Х.: ХУПС, 2006. – Вип. 3(7). – С. 36-39.

9. Королюк Н.А. Метод описания элементов системы поддержки принятия решений при выборе параметров планируемого перехвата / Н.А. Королюк, А.И. Тимочко, О.В. Касьян // Искусственный интеллект. – Донецк: Институт проблем искусственного интеллекта. – 2006. – № 4 – С. 414-419.

10. Королюк Н.А. Метод логического вывода в логико-лингвистической продукционной модели процесса принятия решений при определении параметров планируемого перехвата / Н.А. Королюк // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – Х.: НАУ «ХАІ», 2006. – № 3(15). – С. 65-70.

Надійшла до редколегії 19.10.2010

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

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ОБРАБОТКИ ЗНАНИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ САМОЛЕТОМ С УЧЕТОМ ВЫБРАННОГО РЕЖИМА ПОЛЕТА

А.И. Тимочко, Е.С. Лошаков, М.Б. Бровко

Эффективное применение авиации базируется на тщательном анализе и оценке факторов, влияющих на процесс наведения самолета на воздушную (наземную) цель. Осуществлена классификация факторов влияния на процесс управления динамическим объектом. Усовершенствован метод обработки знаний для управления самолетом в вертикальной плоскости при выполнении им задачи с учетом режима набора высоты и скорости.

**Ключевые слова:** управление, динамический объект, обработки знаний, алгебраическая аппроксимация, продукционное правило, нестохастическая неопределенность.

## PERFECTION OF METHOD OF TREATMENT OF KNOWLEDGES FOR MANAGEMENT AN AEROPLANE TAKING INTO ACCOUNT THE CHOSEN MODE OF FLIGHT

O.I. Timochko, E.S. Loshakov, M.B. Brovko

Effective application of aviation is based on a careful analysis and estimation of factors, influencing on the process of aiming of airplane on an air (ground) purpose. Classification of factors of influence is carried out on the process of management a dynamic object. The method of treatment of knowledges is improved for management an airplane in a vertical plane at implementation by him tasks taking into account of the mode to the set of height and speed.

**Keywords:** management, dynamic object, treatments of knowledges, algebraic approximation, rule of products, unstoochastic vagueness.