

В.П. Горохівський, курсант
О.І. Лисенко, курсант
О.М. Перегуда, курсант

Житомирський військовий інститут радіоелектроніки

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПОЗАШТАТНИХ СИТУАЦІЙ НА БОРТУ КОСМІЧНОГО АПАРАТА

(Представлено к.т.н. А.І. Бобуновим)

Розроблена та запропонована структура нечіткої системи підтримки прийняття рішень для використання в цілях ідентифікації позаштатних ситуацій.

На сучасному етапі для оцінки працездатності КА проводиться комплексний контроль: функціональний (непрямий), контроль працездатності (кількісний), діагностичний (виявлення причини і місця відмови). Контроль працездатності та діагностичний контроль здійснюються за набором телеметричної інформації, що приймається під час сеансу радіообміну з КА.

Але якісна оцінка функціонування КА, виявлення й оцінка можливих позаштатних ситуацій (ПС) проводиться не під час сеансу зв'язку з КА, а, як правило, після його закінчення. Це призводить до зниження адекватності керуючих команд, переданих на борт КА. Дана проблема, в першу чергу, пов'язана з умовами роботи оператора, який обробляє потік інформації, що надходить. На рис. 1 представлена часова діаграма роботи оператора.

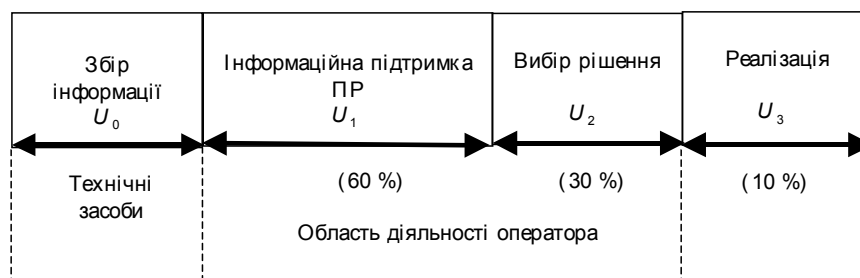


Рис. 1. Розподіл часу при ухваленні рішення: U₀ – час збору інформації технічними засобами; U₁ – час, що витрачається на обробку інформації та формування первинних гіпотез; U₂ – час, що витрачається на ухвалення рішення; U₃ – час, необхідний для реалізації прийнятого рішення

Як видно з даної діаграми, значна частина часу іде на обробку інформації та формування первинних гіпотез.

Система підтримки прийняття рішень дозволяє автоматизувати етап обробки інформації та формування первинних гіпотез, а також спростити наступний етап – етап прийняття рішення.

Система, що створюється, повинна мати у своєму складі блок обробки вхідної інформації, яка виявляє (ідентифікує) ПС, а також блок, що надає оператору інформацію про тип ПС, причини її виникнення та можливі способи її усунення.

Керуючись вищевикладеними вимогами, була розроблена і реалізована система ідентифікації ПС та прийняття рішення (рис. 2).

Під ідентифікацією ПС розуміється побудова її математичної моделі, що встановлює взаємозв'язок між вхідними змінними (набором параметрів телеметричної інформації (ТМІ)) і вихідними параметрами (виявленими типами ПС) з експериментальних даних.

Задача побудови системи ідентифікації здійснюється в два етапи. На першому етапі, його ще називають структурною ідентифікацією, формується груба модель ПС, що апроксимує зв'язок «вхід–вихід» і містить параметри, що підлягають налаштуванню. Ця модель ще називається чистою експертною системою, оскільки для її побудови використовується тільки експертна інформація. На другому етапі, при параметричній ідентифікації, підбираються такі значення ваг правил і параметрів змінних (функцій належності), що мінімізують розходження між бажаним (експериментальним) і модельним (теоретичним) виходом моделі ПС.

© В.П. Горохівський, О.І. Лисенко, О.М. Перегуда, 2001

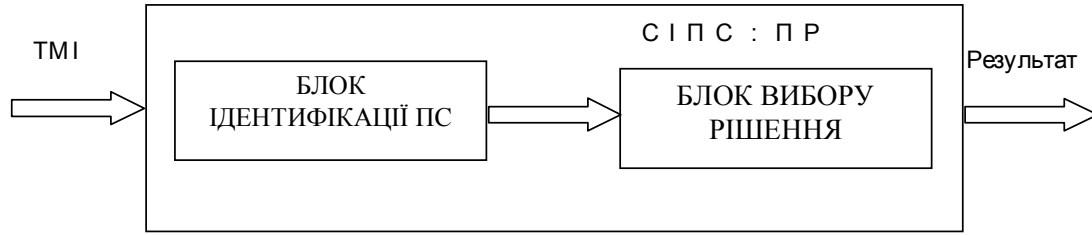


Рис. 2. Система ідентифікації ПС та прийняття рішення

Досвід фахівців з управління об'єктами, для яких цілі управління виражаються не стільки кількісними співвідношеннями, скільки якісними формулюваннями (сюди ж можна віднести і управління КА), може бути використаний в автоматизованій системі лише в тому вигляді, у якому він реально зафіксований, тобто необхідно використовувати інформацію, що міститься в текстах, або ж висловлена фахівцями на звичайній, природній мові.

Концепція побудови експертних систем (ЕС). Для реалізації даної вимоги був використаний логіко-лінгвістичний підхід представлення знань, а для його реалізації на ЕОМ – теорія нечітких множин.

Особливістю даного підходу є те, що взаємозв'язок змінних «вхід–вихід» задається у вигляді експертних висловлень: ЯКЩО < вхід > ТО < вихід >.

Формальним апаратом для обробки цієї експертної інформації природною мовою є теорія нечітких множин.

Відповідно до цього, модель оцінки функціонування КА може бути задана у вигляді так званої нечіткої бази знань (БЗ), що являє собою сукупність правил “ЯКЩО–ТО”, яка пов'язує лінгвістичні оцінки вхідних параметрів ТМІ КА та вихідні оцінки ПС.

Адекватність такої моделі експериментальним даним визначається якістю функцій належності, за допомогою яких лінгвістичні оцінки переходять у кількісну форму. У зв'язку з тим, що функції належності визначаються експертним шляхом, то адекватність нечіткої БЗ цілком буде залежати від кваліфікації експертів.

Таким чином, результат ідентифікації ПС можна представити у вигляді:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \tag{1}$$

де x_1, x_2, \dots, x_n – набір значень вихідних параметрів ТМІ; y – результат ідентифікації ПС, для якого маються вхідні значення параметрів ТМІ; $x_i \in [x, \bar{x}] i = \overline{1, n}$ та вихідні значення результату ідентифікації ПС $y \in [y, \bar{y}]$; сукупність нечітких експертних правил типу “ЯКЩО–ТО”, що пов'язує лінгвістичні оцінки входів x_i і виходу y .

Розіб'ємо інтервал $[y, \bar{y}]$ на m частин:

$$[y_1, y_m] = \frac{[y_1, y_2]}{d_1} \cup \frac{[y_2, y_3]}{d_2} \cup \dots \cup \frac{[y_{i-1}, y_i]}{d_i} \cup \dots \cup \frac{[y_{m-1}, y_m]}{d_m}, \tag{2}$$

де $d = [d_1, \dots, d_m]$ – множина можливих оцінок ПС на борту КА.

Відому експертну інформацію про стан функціонування бортових систем КА (2) задамо у вигляді системи нечітких логічних висловлень:

$$\begin{aligned} &\text{ЯКЩО } (x_1 = a_1^{11}) \text{ ТА } (x_2 = a_2^{11}) \text{ ТА } \dots \text{ ТА } (x_n = a_n^{11}) \text{ (з вагою } W_{11}), \\ &\text{АБО } (x_1 = a_1^{12}) \text{ ТА } (x_2 = a_2^{12}) \text{ ТА } \dots \text{ ТА } (x_n = a_n^{12}) \text{ (з вагою } W_{12}) \dots, \\ &\text{АБО } (x_1 = a_1^{1k_1}) \text{ ТА } (x_2 = a_2^{1k_1}) \text{ ТА } \dots \text{ ТА } (x_n = a_n^{1k_1}) \text{ (з вагою } W_{1k_1}), \\ &\text{ТО } y = d_1, \text{ ІНАКШЕ,} \\ &\text{ЯКЩО } (x_1 = a_1^{21}) \text{ ТА } (x_2 = a_2^{21}) \text{ ТА } \dots \text{ ТА } (x_n = a_n^{21}) \text{ (з вагою } W_{21}), \\ &\text{АБО } (x_1 = a_1^{22}) \text{ ТА } (x_2 = a_2^{22}) \text{ ТА } \dots \text{ ТА } (x_n = a_n^{22}) \text{ (з вагою } W_{22}) \dots, \\ &\text{АБО } (x_1 = a_1^{2k_2}) \text{ ТА } (x_2 = a_2^{2k_2}) \text{ ТА } \dots \text{ ТА } (x_n = a_n^{2k_2}) \text{ (з вагою } W_{2k_2}), \\ &\text{ТО } y = d_2, \text{ ІНАКШЕ,} \\ &\text{ЯКЩО } (x_1 = a_1^{m1}) \text{ ТА } (x_2 = a_2^{m1}) \text{ ТА } \dots \text{ ТА } (x_n = a_n^{m1}) \text{ (з вагою } W_{m1}), \\ &\text{АБО } (x_1 = a_1^{m2}) \text{ ТА } (x_2 = a_2^{m2}) \text{ ТА } \dots \text{ ТА } (x_n = a_n^{m2}) \text{ (з вагою } W_{m2}) \dots, \end{aligned} \tag{3}$$

$$\text{АБО } (x_1 = a_1^{mk_m}) \text{ ТА } (x_2 = a_2^{mk_m}) \text{ ТА } \dots \text{ ТА } (x_n = a_n^{mk_m}) \text{ (з вагою } W_{mk_m}),$$

$$\text{ТО } y = d_m,$$

де a_i^{jp} – лінгвістичний терм, яким оцінюється перемінна x_i в рядку з номером $p = k_j$; k_j – кількість рядків-кон’юнкцій, що відповідають інтервалу d_j , $j = \overline{1, m}$; W_p – число в діапазоні $[0, 1]$, що характеризує суб’єктивну міру впевненості експерта в частині висловлення з номером $p = k_j$.

Систему (3) позначимо як нечітку БЗ. Крім того, дану систему висловлень можна представити у вигляді нечіткої матриці знань (табл. 1).

Таблиця 1

Нечітка матриця знань

Номер вхідної комбінації значень	Вхідні змінні				Вихідні змінні
	x_1	x_2	$\dots x_i \dots$	x_n	
11	a_1^{11}	a_2^{11}	$\dots a_i^{11} \dots$	a_n^{11}	d_1
12	a_1^{12}	a_2^{12}	$\dots a_i^{12} \dots$	a_n^{12}	
...	
$1k_1$	$a_1^{1k_1}$	$a_2^{1k_1}$	$\dots a_i^{1k_1} \dots$	$a_n^{1k_1}$	
...
$j1$	a_1^{j1}	a_2^{j1}	$\dots a_i^{j1} \dots$	a_n^{j1}	d_j
$j2$	a_1^{j2}	a_2^{j2}	$\dots a_i^{j2} \dots$	a_n^{j2}	
...	
jk_j	$a_1^{jk_j}$	$a_2^{jk_j}$	$\dots a_i^{jk_j} \dots$	$a_n^{jk_j}$	
...
$m1$	a_1^{m1}	a_2^{m1}	$\dots a_i^{m1} \dots$	a_n^{m1}	d_m
$m2$	a_1^{m2}	a_2^{m2}	$\dots a_i^{m2} \dots$	a_n^{m2}	
...	
mk_j	$a_1^{mk_m}$	$a_2^{mk_m}$	$\dots a_i^{mk_m} \dots$	$a_n^{mk_m}$	

Нехай $\mu^p(x_i)$ – ФН вхідної змінної x_i нечіткого терму a_i^{jp} , $p = k_j$, $i = \overline{1, n}$, $j = \overline{1, m}$; μ^{d_i} – ФН вихідної змінної y на інтервалі $d_i = [y_{i-1}, y_i]$, $i = \overline{1, m}$.

$$\mu^{d_j}(x_1, x_2, \dots, x_n) = \max_{p=1, k_j} \left\{ W_{jp} \min_{j=1, n} \left[\mu^{a_i^{jp}}(x_i) \right] \right\}. \tag{4}$$

Для розрахунку за формулою (4) треба мати ФН змінних x_i нечітких термів.

Для цього скористаємося відомим способом отримання ФН, а саме, будемо використовувати гаусівські ФН, що відрізняються простотою налаштування.

Формула для розрахунку цієї функції має вигляд:

$$\mu^T(x) = \frac{1}{1 + ((x - b)/c)^2},$$

де b – значення максимуму ФН; c – коефіцієнт стиску ФН.

Вигляд такої ФН показаний на рис. 3.

Для визначення коефіцієнтів b та c скористаємося статистичною обробкою експертної інформації, отриманої шляхом анкетування експертів.

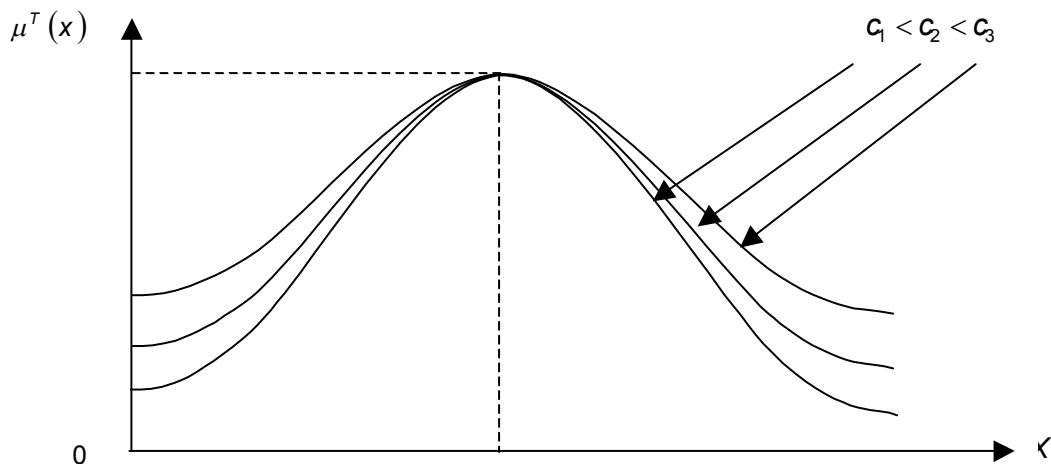


Рис. 3. Функції належності

Таким чином, можна сформулювати алгоритм ідентифікації ПС на борту КА, що буде складатися з таких етапів:

1. Прийом та розпакування набору параметрів ТМІ. Фіксація вектору вхідних змінних

$$X^* = (X_1^*, X_2^*, \dots, X_n^*). \tag{5}$$

2. Падання функцій належності нечітких термів, що використовуються в нечіткій базі знань (табл. 1),

3. Обчислення значень функцій належності $\mu^{dj}(X_1^*, X_2^*, \dots, X_n^*)$ вектору вхідних параметрів X^* , для всіх значень $d_j, j = \overline{1, m}$. У випадку багаторівневого дерева логічного висновку обчислюються функції належності $\mu^{zj}(A, B, C)$ термівоцінок вихідної величини z , що відповідає вектору вхідних змінних:

$$X^* = (A_1^*, A_2^*, \dots, A_l^*, B_1^*, B_2^*, \dots, B_s^*, C_1^*, C_2^*, \dots, C_t^*). \tag{6}$$

4. Визначається значення d_j , функція приналежності якого максимальна:

$$\mu^{dj}(X^*) = \max_{j=1, m} (\mu^{dj}(X_1^*, X_2^*, \dots, X_n^*)) \tag{7}$$

чи для випадку багаторівневого дерева висновку

$$\mu^{zj}(X^*) = \max_{i=1, z} (\mu^{zj}(A, B, C)). \tag{8}$$

Таким чином, у даному алгоритмі використовується ідентифікація лінгвістичного терму за максимумом функції належності.

Реалізація експертної системи (СППР). Для вирішення задачі ідентифікації ПС на борту КА, з використанням наведеної концепції, була розроблена «порожня» ЕС або «ЕС-оболонка», що дозволяє генерувати «порожні» ЕС і наповнювати їх надалі знаннями з різних областей застосування. У даному випадку були використані знання, необхідні для ідентифікації ПС на борту КА. Її структура наведена на рис. 4.

Структура системи FUZZY INTELLECT складається з 13 програмних блоків, 8 з яких і є, власне, експертною системою, а інші – середовищем розробки нечітких ЕС. Процес побудови нечіткої ЕС виконується за таким алгоритмом:

1. Визначення характеристики системи.

На цьому етапі вводиться інформація про призначення системи, визначається вихідна змінна об'єкта ідентифікації (з безупинним чи дискретним виходом), а також обмеження, що накладаються при проектуванні системи.

2. Формування дерева логічного висновку.

Дерево логічного висновку формується шляхом послідовного виконання операцій введення чи видалення вузлів. При додаванні нового вузла запитується інформація про назву, позначення, кількість термів для оцінки, їх назви. При додаванні нової вхідної змінної запитується додатково також інформація про діапазон її зміни.

3. Визначення функцій приналежності лінгвістичних змінних.

На цьому етапі визначаються функції приналежності, що використовуються для формалізації термівоцінок змінних.

4. Визначення експертних правил ЯКЦО–ТО, що описують поведження об'єкта. Експертні правила ЯКЦО–ТО вносяться у відповідні матриці знань (табл. 1).

Введення значень вхідних змінних при виконанні розрахунків здійснюється в кількісній та якісній формі.

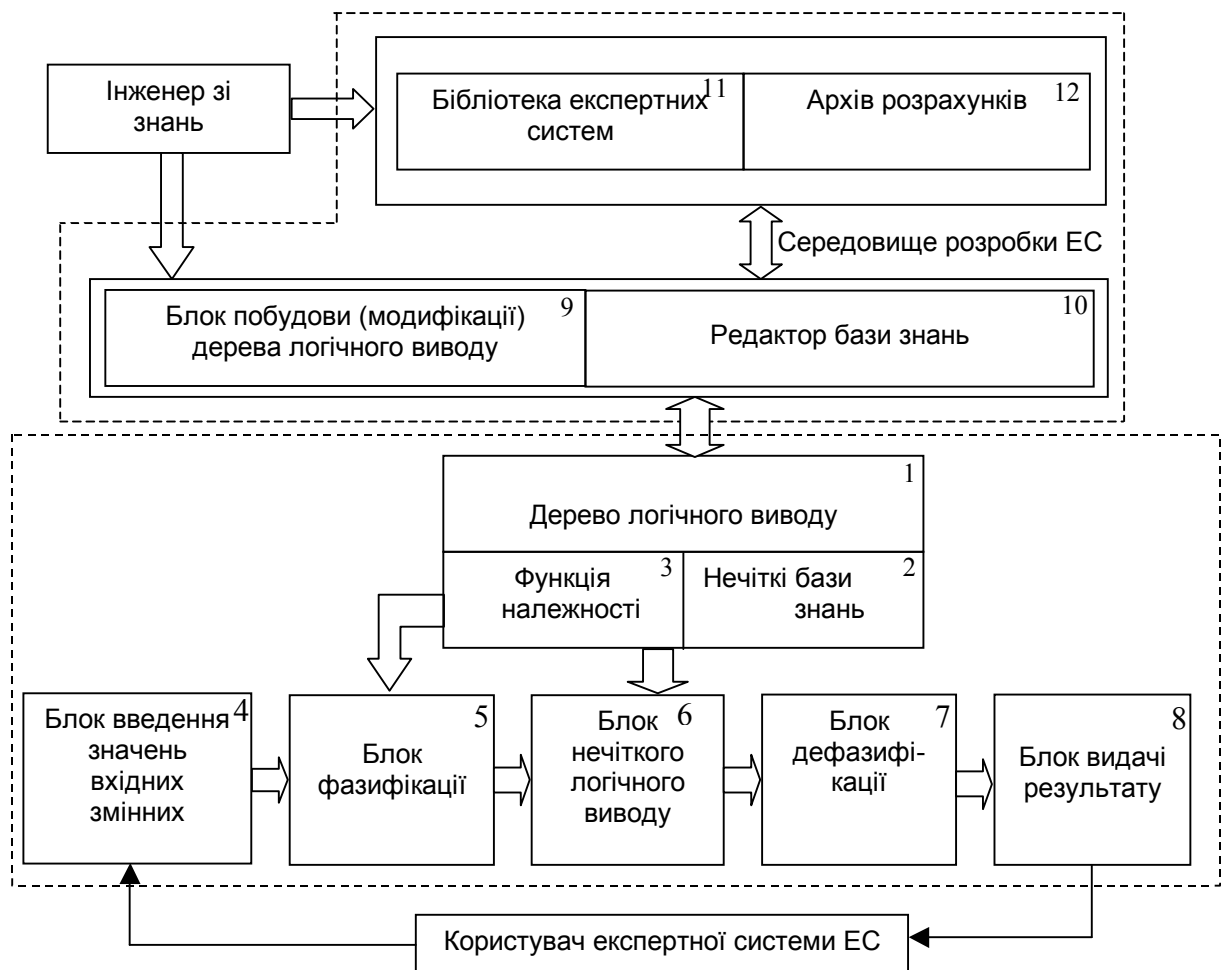


Рис. 4. Структура ЕС

В результаті нечіткого логічного висновку ми отримуємо функції належності вихідної змінної для кожного класу рішень.

Таким чином, в статті розглянуто питання розробки і використання ЕС на базі нечіткої логіки для вирішення задачі ідентифікації ПС на борту КА за кількісним значенням і якісними оцінками ТМ параметрів. Запропоновано спосіб ідентифікації ПС із використанням логіко-лінгвістичного підходу для представлення знань, який дозволяє використовувати знання експертів, висловлені природною мовою, що спрощує процес витягу знань, а також знижує втрати інформації при цьому.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Ротштейн А.П.* Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети. – Винница: “УНІВЕРСУМ – Винница”, 1999. – 320 с.
2. *Ротштейн А.П.* Медицинская диагностика на нечеткой логике. – Винница: «Континент – Прим», 1996. – 132 с.
3. *Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения: Пер. с англ./Под ред. Р.Р. Ягера.* – М.: Радио и связь, 1986. – 408 с.

4. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука, 1986. – 312 с.
5. Герасимов Б.М., Тарасов В.А., Токарев И.В. Человеко-машинные системы принятия решения с элементами искусственного интеллекта. – Киев: Наукова думка, 1993. – 184 с.

ГОРОХІВСЬКИЙ Віталій Петрович – курсант 5-го курсу Житомирського військового інституту радіоелектроніки ім. С.П. Корольова.

Наукові інтереси:

– розробка інтелектуальних систем (ЕС, СППР) для АСУ космічних систем.

ЛИСЕНКО Оксана Ігорівна – курсант 5-го курсу Житомирського військового інституту радіоелектроніки ім. С.П. Корольова.

Наукові інтереси:

– питання створення баз знань на основі експертного досвіду.

ПЕРЕГУДА Олександр Михайлович – курсант 5-го курсу Житомирського військового інституту радіоелектроніки ім. С.П. Корольова.

Наукові інтереси:

– розробка алгоритмів на базі інтелектуальних технологій: нечіткі множини, генетичні алгоритми, нейронні мережі.

Подано 10.01.2001

Горохівський В.П., Лисенко О.І., Перегуда О.М. Система підтримки прийняття рішень при ідентифікації позаштатних ситуацій на борту космічного апарата

Гороховский В.П., Лысенко О.И., Перегуда А.М. Система поддержки принятия решений при идентификации нештатных ситуаций на борту космического аппарата

УДК 681.51.518.8.06

Система поддержки принятия решений при идентификации нештатных ситуаций на борту космического аппарата / В.П. Гороховский, О.И. Лысенко, О.М. Перегуда

Разработана и предложена структура нечеткой системы поддержки принятия решений для использования в целях идентификации нештатных ситуаций.