

## АВІАЦІЙНА ТА РАКЕТНО-КОСМІЧНА ТЕХНІКА

УДК 681.51

А.І. Бобунов, к.т.н., ст. викладач  
Житомирський військовий інститут радіоелектроніки

## ПІДХІД ДО ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПОЗАШТАТНИХ СИТУАЦІЙ БОРТОВИХ СИСТЕМ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ

*Запропонований підхід до ідентифікації позаштатних ситуацій бортових систем космічних апаратів. Розроблено структуру нечіткої бази знань та алгоритм ідентифікації позаштатних ситуацій.*

У сучасному автоматизованому комплексі управління космічними апаратами (КА) процес управління здійснюється автоматично, без участі оператора [1]. Контроль працездатності й оцінка стану КА здійснюється за значеннями телеметричної інформації (ТМІ). Однак обробка ТМІ робиться після закінчення сеансу зв'язку з КА. Тому і виявлення можливих позаштатних ситуацій бортових систем КА відбувається після закінчення сеансу зв'язку з КА.

Під позаштатною ситуацією (ПС) будемо розуміти поняття “несправність” та “аварійна ситуація”. Під “несправністю” будемо розуміти: невідповідність режиму роботи або стану апаратури заданим режимам за програмою роботи; відхилення значень параметрів (напруги, температури тощо) від установлених норм; припинення функціонування приладів або систем (з обліком можливого резервування). Під “аварійною ситуацією” будемо розуміти несправність або сукупність несправностей, що ставлять під загрозу можливість подальшого використання КА за цільовим призначенням або призводять до припинення активного існування КА в цілому.

Таким чином, для скорочення часу ідентифікації ПС, з метою прийняття своєчасних управляючих команд, актуальним бачиться рішення задачі ідентифікації ПС у ході сеансу зв'язку з КА.

Аналіз [1] показує, що задачу ідентифікації ПС можна вирішувати шляхом створення та використання бази знань (БЗ), що можна представити у вигляді:

$$I = \langle V, S, R, W \rangle,$$

де  $V$  – процес вибору з БЗ підмножини активних продукцій;  $S$  – процес зіставлення, що визначає множини означень;  $R$  – процес розв'язання ПС, що визначає, яке з означень буде виконуватися;  $W$  – процес, що здійснює виконання обраного зазначеного правила.

Для реалізації БЗ скористаємося деякими результатами, наведеними в [2, 3].

Будемо використовувати експертну інформацію у вигляді природно-мовних висловлень: ЯКЩО температура низька і тиск низький, ТО положення дроти середне.

Такі суто нелінійні залежності є концентрацією досвіду фахівців і грають значну роль у розв'язку питань діагностики та прогнозування складних технічних систем. Формальним апаратом для опрацювання експертної інформації на природній мові є теорія нечітких множин [4]. Відповідно до неї, модель оцінки функціонування КА може бути задана у вигляді так званої нечіткої БЗ, що є сукупністю правил: “ЯКЩО – ТО”, що зв'язують лінгвістичні оцінки вихідних параметрів ТМІ КА та вихідних оцінок ПС. Адекватність такої моделі експериментальним даним визначається якістю функцій належності (ФН) [3], за допомогою яких лінгвістичні оцінки перетворюються в кількісну форму. Так як ФН визначаються експертним шляхом, то адекватність нечіткої БЗ цілком буде залежати від кваліфікації експертів.

Таким чином, результат ідентифікації ПС можна представити як

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (1)$$

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

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

$$[y, \bar{y}] = [y, u_1] \cup [y_1, u_2] \cup \dots \cup [y_{j-1}, u_j] \cup \dots \cup [y_{m-1}, u_m]$$

$d_1 \qquad d_2 \qquad \qquad d_j \qquad \qquad d_m$

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

Відому експертну інформацію про стан функціонування бортових систем КА (1) задамо у вигляді системи нечітких логічних висловлень:

$$\begin{aligned} &\text{ЯКЩО } \left[ (x_1 = a_1^{j1}) \text{ I } (x_2 = a_2^{j1}) \text{ I } \dots \text{ I } (x_n = a_n^{j1}) \right] \text{ (з вагою } b_{j1}), \\ &\text{АБО } \left[ (x_1 = a_1^{j2}) \text{ I } (x_2 = a_2^{j2}) \text{ I } \dots \text{ I } (x_n = a_n^{j2}) \right] \text{ (з вагою } b_{j2}), \dots, \\ &\text{АБО } \left[ (x_1 = a_1^{jk_j}) \text{ I } (x_2 = a_2^{jk_j}) \text{ I } \dots \text{ I } (x_n = a_n^{jk_j}) \right] \text{ (з вагою } b_{jk_j}), \\ &\text{ТО } y \in d_j = [y_{j-1}, y_j], \text{ для всіх } j = \overline{1, m}, \end{aligned} \quad (2)$$

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

Систему (2) визначим як нечітку БЗ.

Нехай  $\mu^p(x_i)$  – ФН входу  $x_i$  нечіткому терму  $a_i^p$ ,  $p = k_j$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, m}$ ;  $\mu^{d_j}$  – ФН виходу  $y$  інтервалу  $d_j = [y_{j-1}, y_j]$ ,  $j = \overline{1, m}$ . У [3] показано:

$$\mu^{d_j}(y) = \min_{p=1, m} \{ b_{jp} \min \{ \mu^p(x_i) \} \}, \quad j = \overline{1, m}. \quad (3)$$

Для розрахунку за формулою (3) необхідно мати ФН перемінних  $x_i$  нечітким термам. Для цього скористаємося відомим методом статистичної обробки експертної інформації [1]. При цьому діапазон зміни кожного параметра ТМІ  $x_i = [x_i, \bar{x}_i]$ ,  $i = \overline{1, n}$  розбивається на  $\ell$  квантів:

$$[x_i, \bar{x}_i] = [\Delta_i^1, \Delta_i^2, \dots, \Delta_i^k, \dots, \Delta_i^\ell].$$

Кожному кванту, в результаті експертного дослідження, ставиться у відповідність один з нечітких термів: П – низький, НИС – нижче середнього, С – середній, ВС – вище за середній, В – високий.

Обробка результатів, з імовірнісним трактуванням ФН, має такий вигляд:

$$\mu_j(\Delta_i^k) = \frac{N_j(\Delta_i^k)}{N},$$

де  $\mu_j(\Delta_i^k)$  – ступінь належності кванта  $\Delta_i^k$  до терму  $j$ ;  $N$  – загальне число експертів;  $N_j(\Delta_i^k)$  – число експертів, які віднесли квант  $\Delta_i^k$  до терму  $j$ .

Сформулюємо основні етапи алгоритму ідентифікації ПС:

- прийом і розпакування набору параметрів ТМІ  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ ;
- визначення значень ФН нечітких термів параметрів  $x_i$ ,  $i = \overline{1, n}$ ;
- визначення  $d_j$ , використовуючи (4).

Розглянутий підхід, у рамках системи підтримки прийняття рішень, що працює в реальному масштабі часу, дозволить вчасно ідентифікувати ПС на борту КА. Це дасть змогу групі аналізу прийняти набір адекватних рішень для компенсації негативних наслідків.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Герасимов Б.М., Гарасов В.А., Токарев И.В. Человечно-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта. – К.: Наукова думка, 1993. – 181 с.
2. Ротштейн А.П., Кательников Д.И. Идентификация нелинейных объектов нечёткими базами знаний // Кибернетика и системный анализ, 1998. – № 5. – С. 53–61.
3. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечёткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети. – Вінниця: "УНИВЕРСУМ – Вінниця", 1999. – 320 с.
4. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и её применение к принятию приближённых решений. – М.: Мир, 1976. – 167 с.

БОБУНОВ Андрій Іванович – кандидат технічних наук, старший викладач Житомирського військового інституту радіоелектроніки.

Наукові інтереси:

- розробка інтелектуальних систем на базі математичного апарата нечітких множин;
- рішення конфліктних ситуацій при управлінні складними інформаційними системами.

Подано 9.12.1999.