

**ІНФОРМАТИКА, ОБЧИСЛЮВАЛЬНА ТЕХНІКА
ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ**

УДК 681.3.06

А.І. Бобунов, к.т.н., доц.

Житомирський військовий інститут радіоелектроніки

**АЛГОРИТМ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ
КОСМІЧНОГО АПАРАТА**

Запропоновано алгоритм оцінки технічного стану бортових систем космічного апарата за сукупністю якісних показників.

У сучасних системах управління космічним апаратом (КА) контроль за працездатністю бортових систем здійснюється через набір параметрів телеметричної інформації (ТМІ). Його повна обробка і аналіз проходить після закінчення сеансу зв'язку з КА. Тому ідентифікація та оцінка можливих по-заштатних ситуацій (ПС) в бортових системах КА здійснюється після проведення ряду експертних оцінок отриманої та обробленої ТМІ. Портрет можливої ПС розпізнається за допомогою аналізу сукупності значень параметрів ТМІ. Однак актуальною передбачається розробка алгоритму оцінки технічного стану КА, що за-безпечував би прогноз можливих ПС, їх ідентифікацію та оцінку. Можливі певні шляхи розв'язання даної за-дачі, які описані в ряді робіт [1, 2, 3].

Поставлену задачу будемо розв'язувати, використовуючи математичний апарат нечітких множин [4], а також деякі підходи, що викладені у [5, 6]. Будемо вважати:

$P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ – множина варіантів можливих ПС, що підлягають багатокритеріальному аналі-зу;

$C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$ – множина якісних показників (критеріїв), за якими оцінюються варіанти оцінки можливих ПС.

Завдання полягає в тому, щоб упорядкувати елементи множини P за критеріями з множини C .

Припустимо, що $\mu^l(k_i)$ – число в діапазоні [0, 1], яке характеризує рівень оцінки варіанта $p_i \in P$ за кри-терієм $c_l \in C$: чим більше число $\mu^l(k_i)$, тим вища оцінка варіанта за критерієм $c_l \in C$, $i = \overline{1, n}$, $l = \overline{1, m}$. Тоді критерій $c_l \in C$ можна подати у вигляді нечіткої множини C_l , що задана:

$$C_l = \left\{ \frac{\mu^l(p_1)}{p_1}, \frac{\mu^l(p_2)}{p_2}, \dots, \frac{\mu^l(p_n)}{p_n} \right\}, \tag{1}$$

де $\mu^l(p_i)$ – ступінь належності елемента p_i до нечіткої множини C_l .

На першому етапі алгоритму проведемо оцінку сукупності варіантів ПС за кожним із критеріїв з множини C . Для цього формується матриця парних порівнянь (МПП) за кожним критерієм c_l :

$$A^l = \begin{matrix} & p_1 & p_2 & \dots & p_n \\ p_1 & a'_{11} & a'_{12} & \dots & a'_{1n} \\ p_2 & a'_{21} & a'_{22} & \dots & a'_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_n & a'_{n1} & a'_{n2} & \dots & a'_{nn} \end{matrix}, \tag{2}$$

де a'_{ij} оцінюється експертом за дев'ятибальною шкалою Сааті [4]:

- 1 – якщо відсутня перевага варіанта p_j над варіантом p_i ;
- 3 – якщо є слабка перевага варіанта p_j над варіантом p_i ;
- 5 – якщо є суттєва перевага варіанта p_j над варіантом p_i ;
- 7 – якщо є очевидна перевага варіанта p_j над варіантом p_i ;
- 9 – якщо є абсолютна перевага варіанта p_j над варіантом p_i ;
- 2, 4, 6, 8 – проміжні порівняльні оцінки.

На другому етапі алгоритму обчислюються ступені належності, що необхідні для формування нечіт-кої множини (1):

© А.І. Бобунов, 2000

$$\mu'(p_i) = \frac{1}{a'_{i1} + a'_{i2} + \dots + a'_{im}} \tag{3}$$

З [5] найбільш точною характеристикою можливої ПС є та, що виявилась “найкращою” за критеріями c_1, c_2, \dots, c_m . Тому нечітка множина, яка необхідна для рейтингового аналізу, визначається на третьому етапі алгоритму у вигляді перетину:

$$D = \tau_1 \cap \tau_2 \cap \dots \cap \tau_m.$$

Враховуючи те, що в теорії нечітких множин операції перетину \cap відповідають *min*, то на четвертому етапі алгоритму маємо:

$$D = \left\{ \frac{\min_{l=1, m} [\mu'(p_1)]}{p_1}, \frac{\min_{l=1, m} [\mu'(p_2)]}{p_2}, \dots, \frac{\min_{l=1, m} [\mu'(p_n)]}{p_n} \right\} \tag{4}$$

Виходячи з цього, на заключному етапі алгоритму проводиться аналіз отриманої множини D , з метою вибору раціонального варіанту характеристики можливої ПС.

Припустимо, що об’єктами аналізу є такі варіанти характеристик ПС на борту КА:

S_1 – вихід з ладу сонячної батареї КА;

S_2 – відключення акумуляторної батареї системи електропостачання КА;

S_3 – несправність каналу зв’язку з КА.

Для їх оцінки використаємо такі критерії [6]:

c_1 – ступінь стійкості функціонування комплексу, що забезпечує КА;

c_2 – ступінь впливу зовнішніх збурювальних факторів на КА;

c_3 – ступінь достовірності інформації, що приймається з борту КА.

В [6] показано, що у результаті парних порівнянь отримаємо:

1. Оцінку за критерієм c_1 : очевидна перевага S_1 і S_3 над S_2 ; відсутність переваги S_1 над S_3 .
2. Оцінку за критерієм c_2 : суттєва перевага S_1 над S_2 ; відсутність переваги S_3 над S_1 ; суттєва перевага S_3 над S_1 ; суттєва перевага S_3 над S_2 .
3. Оцінку за критерієм c_3 : очевидна перевага S_3 над S_1 ; майже очевидна перевага S_2 над S_1 ; дуже слабка перевага S_3 над S_2 .

Даним експертним висловам відповідають МПП:

$$A(c_1) = \begin{matrix} & S_1 & S_2 & S_3 \\ S_1 & 1 & 1/7 & 1 \\ S_2 & 7 & 1 & 7 \\ S_3 & 1 & 1/7 & 1 \end{matrix};$$

$$A(c_2) = \begin{matrix} & S_1 & S_2 & S_3 \\ S_1 & 1 & 1/5 & 1 \\ S_2 & 5 & 1 & 4 \\ S_3 & 1 & 1/4 & 1 \end{matrix};$$

$$A(c_3) = \begin{matrix} & S_1 & S_2 & S_3 \\ S_1 & 1 & 6 & 7 \\ S_2 & 1/6 & 1 & 7/6 \\ S_3 & 1/7 & 6/7 & 1 \end{matrix}.$$

Користуючись отриманими МПП і формулою (3), одержимо:

$$c_1 = \left\{ \frac{0,46}{S_2}, \frac{0,06}{S_2}, \frac{0,46}{S_3} \right\};$$

$$c_2 = \left\{ \frac{0,45}{S_1}, \frac{0,03}{S_2}, \frac{0,46}{S_3} \right\};$$

