

УДК 681.3.06

А.І. Бобунов, к.т.н., доц.

А.М. Стариков, інж.

Житомирський військовий інститут радіоелектроніки ім. С.П. Корольова.

АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ ПОЗАШТАТНОЇ СИТУАЦІЇ НА БОРТУ КОСМІЧНОГО АПАРАТА НА ОСНОВІ ЕКСПЕРТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Запропоновано алгоритм, який дозволяє формалізувати експертні знання для визначення позаштатної ситуації на борту космічного апарата

Оцінка і контроль технічного стану бортових систем космічного апарата (КА) проводиться за сукупністю параметрів телеметричної інформації (ТМІ), одержаних у ході сеансів радіообміну. У [1], [2] основним критерієм працездатності бортових систем КА запропоновано вважати наявність чи відсутність у них позаштатних ситуацій (ПС). У випадку виявлення ПС їх розпізнавання проводиться із залученням експертного досвіду. Для отримання експертної інформації необхідно підібрати експертів з належним фахом і рівнем знань, відповідним методом [11]. Після отримання експертної інформації необхідно оцінити стан бортового комплексу КА за допомогою теорії нечітких множин [3] і теорії розпізнавання образів [4], [5] автоматизовано відповідно до запропонованого алгоритму.

На даний час існує багато методів отримання експертних знань [11]. Однак всі вони потребують розробки алгоритмів й програм для отримання формальних експертних оцінок. Запропонований комплексний алгоритм, який працює в двох режимах:

- проведення експертизи;
- ідентифікація типу нештатної ситуації на борту КА.

Режим проведення експертизи проводиться на етапі підготовки роботи комплексного алгоритму.

У багатьох випадках завдання прийняття рішень в загальному вигляді математично може бути описана множиною допустимих альтернатив та вказаними на цій множині відношенням переваг, які відповідають інтересам особи, яка приймає рішення. Для вирішення завдання оцінювання необхідно визначити множину можливих оцінок (ММО).

Альтернативи, які розглядаються в процесі прийняття рішення, можуть мати вигляд елементів множини Ω або крапок критеріального простору E_m . В прикладних завданнях прийняття рішень альтернативи не є математичними об'єктами, а являють собою конкретні фізичні системи. Завдання оцінювання зводиться до послідовного рішення двох завдань вибору: $\langle E, ОП_1 \rangle$ та $\langle \Omega, ОП \rangle$, де $ОП_1$ – принцип оптимальності, який задає допустимість оцінки; $ОП$ – принцип оптимальності, який задає точність оцінки із Ω (рис. 1).

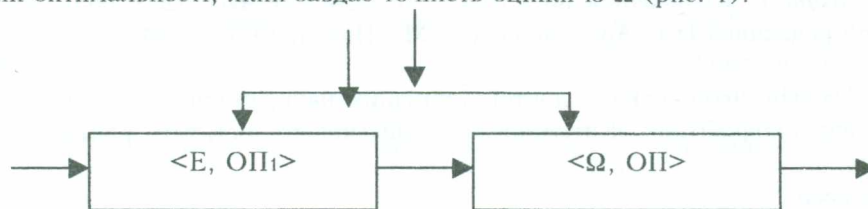


Рис. 1

Алгоритмом отримання експертної інформації будемо називати попередню розробку схеми (рис. 2) та підбір експертів, а під реалізацією алгоритму – отримання експертної інформації та її обробку. Під Ω будемо визначити вихідну ММО, під $\Omega_{\text{е}}$ – ММО для експертів, L – взаємодія між експертами, Q – зворотний зв'язок, ϕ – обробка експертної інформації.

Для ММО експертів необхідно описати вигляд його подання експерту, який залежить від форми опитування. Даний алгоритм передбачає анкетування. При цьому є можливість змінювати жорсткість критеріїв підбору експертів відповідно до рівня запропонованого завдання [11].

Під зображенням технічного стану КА будемо розуміти набір вхідних параметрів ТМІ. Під технічним станом будемо розуміти множину зображень, що мають деякі загальні властивості, а під прототипом – набір значень ТМІ, при яких можлива ПС [2].

Завдання полягає у формуванні виду технічного стану КА і подальшому його порівнянні з набором прототипів. Після обчислення міри близькості вибирається найбільш приватний прототип. Але у випадку проявлення неформалізованих ПС даний підхід неефективний.

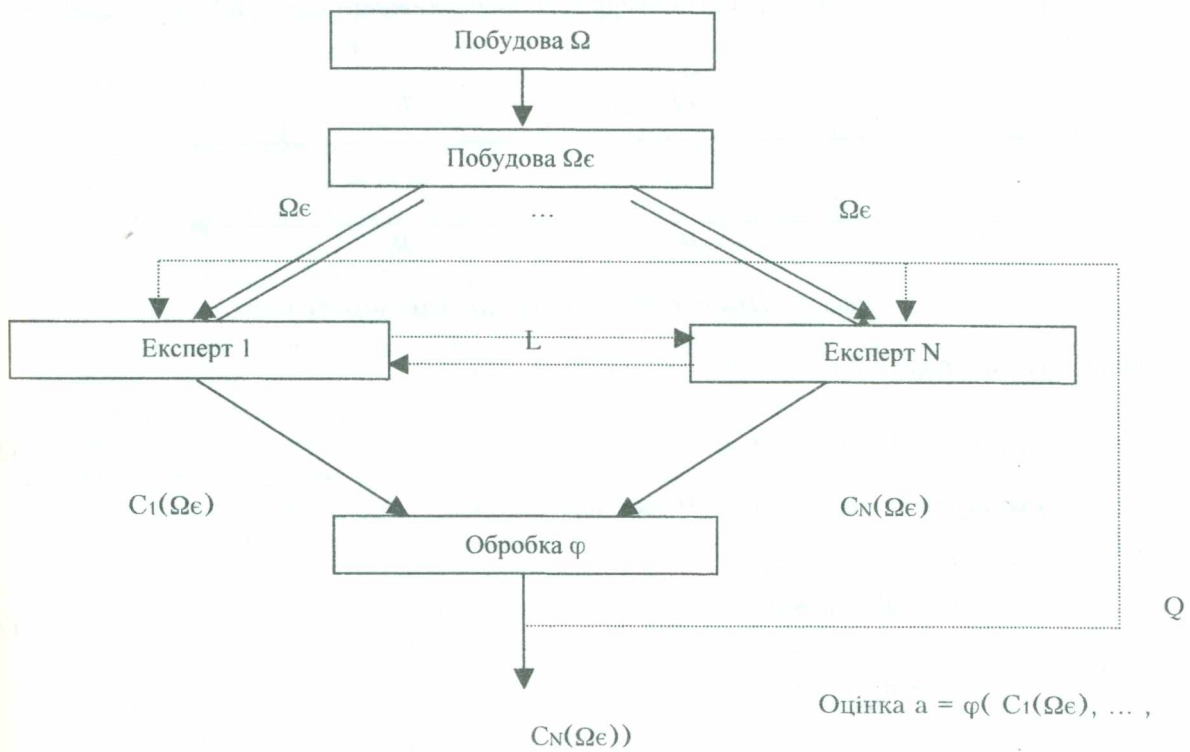


Рис. 2

Проаналізувавши [6], [7], [8], сформулюємо основні етапи алгоритму. На першому етапі у діалоговому режимі експерту пропонується визначити діапазон значень параметрів ТМІ і відповідних ТМ значень функцій належності (ФН) [3], [7], [11]. На другому етапі алгоритму формуються нечіткі зображення технічного стану КА. Це відбувається шляхом фазифікації відповідних значень параметрів ТМІ. На третьому етапі формується нечіткий образ технічного стану бортових систем КА.

Сукупність параметрів ТМІ позначено через x_1, \dots, x_2 . Нехай у сеансі радіообміну отримано k масивів параметрів ТМІ. Тоді структура нечіткого виду технічного стану КА і порядок формування узагальнених оцінок за параметрами систем і КА зображений на рис. 3.

Операціями \min і \max показані узагальнені оцінки по кожному параметру ТМІ, по кожній бортовій системі КА та узагальнена оцінка технічного стану КА.

$$\left. \begin{array}{l} \mu^{11}(x_1)\mu^{12}(x_1)\dots\mu^{1k1}(x_1) \min \\ \mu^{11}(x_2)\mu^{12}(x_2)\dots\mu^{1k1}(x_2) \min \\ \dots \\ \mu^{11}(x_n)\mu^{12}(x_n)\dots\mu^{1k1}(x_n) \min \end{array} \right\} \max$$

Рис. 3. Структура нечіткого виду технічного стану КА [7]

На третьому етапі відбувається дефазифікація результату. Skorистаємося підходом, що запропонований у [9], [10]. Нечіткий вид технічного стану КА можна оцінити за допомогою терм-множини:

$$T = \langle T1, T2, T3 \rangle, \tag{1}$$

- де $T1 = \langle \text{режим роботи КА - робочий} \rangle$;
- $T2 = \langle \text{на борту КА можлива ПС} \rangle$;
- $T3 = \langle \text{на борту КА відбулася ПС} \rangle$.

Зобразимо шкалу відповідності (рис. 4), скориставшись експертною оцінкою.

Виходячи зі значення узагальненої оцінки технічного стану КА, у вигляді значення функції належності вибирається відповідний діапазон першої шкали терм-множини. Таким чином, оператор групи аналізу зможе одержати експрес-оцінку технічного стану КА вже в ході сеансу радіообміну.

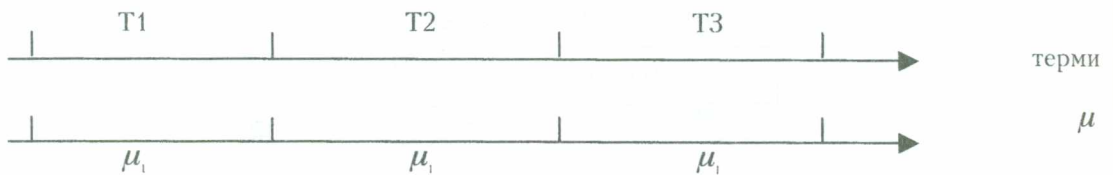


Рис. 4. Шкала відповідності функції належності

Оцінка кожної бортової системи КА має такий вигляд:

$$\mu_n = \mu_1^1 \vee \mu_2^1 \vee \mu_3^1 \vee \dots \vee \mu_k^1 \tag{2}$$

Оцінки узагальнених параметрів ТМІ має такий вигляд:

$$\begin{aligned} \mu_1^1 &= \mu_1^{11} \wedge \mu_2^{12} \wedge \dots \wedge \mu_1^n \\ \mu_2^1 &= \mu_2^{11} \wedge \mu_2^{12} \wedge \dots \wedge \mu_2^n \\ &\dots\dots\dots \\ \mu_p^k &= \mu_p^{11} \wedge \mu_p^{12} \wedge \dots \wedge \mu_p^n \end{aligned} \tag{3}$$

Якщо за цим алгоритмом оцінити бортову систему КА і співставити результат з шкалою відповідності (рис. 3), то маємо можливу ПС на борту КА (рис. 5).

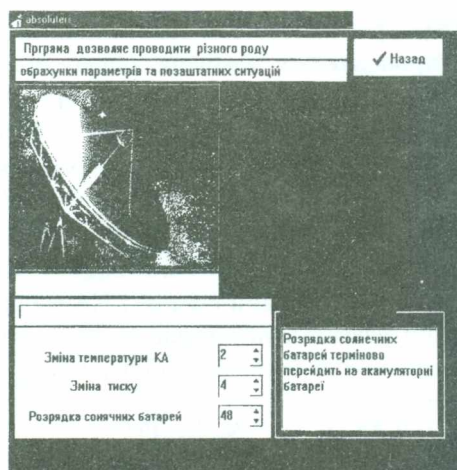


Рис. 5. Можлива позаштатна ситуація на борту КА

Запропонований алгоритм був реалізований мовою програмування C++. Він показав ефективну роботу як із реальною ТМІ, так і в режимі її імітації.

Користувач має можливість контролювати і (у діалоговому режимі), брати участь у формуванні нечіткого образу технічного стану КА.

Розроблений алгоритм дозволяє розпізнавати образи технічного стану КА. Нечіткий образ технічного стану запропоновано формувати на основі використання експертної інформації. Основним критерієм працездатності КА запропоновано вважати наявність чи відсутність ПС на борту КА. Як показано, моделювання, запропонований алгоритм дозволяє розпізнавати не тільки відомі ПС на борті КА, а також – ПС, що слабо проявляється (немає точного співпадання значень усіх параметрів ТМІ); сукупність одночасно декількох ПС.

ЛІТЕРАТУРА:

1. *Бобунов А.І.* Підхід до ідентифікації позаштатних ситуацій бортових систем космічних апаратів // Вісник ЖІТІ. – 2000. – № 13. – С. 35–36.
2. *Бобунов А.І.* Генетичний алгоритм ідентифікації позаштатних ситуацій бортових систем космічного апарата // Зб.наук.праць Житомирського військового інституту радіоелектроніки. – № 3. – 2000. – С. 9–12.
3. *Кофман А.* Введение в теорию нечётких множеств. – М.: Радио и связь, 1982. – 432 с.
4. *Фу К.* Структурные методы в распознавании образов. – М.: Мир, 1977. – 312 с.
5. *Васильев В.И.* Распознающие системы. – К.: Наукова думка, 1983. – 421 с.
6. Нечёткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Д.А. Посполова. – М.: Наука, 1986. – 312 с.
7. *Ротштейн А.П.* Интеллектуальные технологии идентификации: нечёткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети. – Винница: Универсум-Винница, 1999. – 320 с.
8. *Герасимов Б.М., Тарасов В.А., Токарев И.В.* Человеко-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта. – К.: Наукова думка, 1993. – 183 с.
9. Нечёткие множества в теории возможностей. Последние достижения / Под ред. Р.О. Янера. – М.: Радио и связь, 1986. – 408 с.
10. *Трухарёв Р.И.* Модели принятия решений в условиях неопределённости. – М.: Наука, 1981. – 258 с.
11. Теория выбора и принятия решений: Учебное пособие. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982. – 328 с.

БОБУНОВ Андрій Іванович – кандидат технічних наук, доцент Житомирського військового інституту радіоелектроніки ім. С.П. Корольова.

Наукові інтереси:

– ідентифікація конфліктних ситуацій при управлінні складними інформаційними системами;

– розробка інтелектуальних систем на базі математичного апарата нечітких множин.

СТАРИКОВ Андрій Миколайович – інженер Житомирського військового інституту радіоелектроніки ім. С.П. Корольова.

Наукові інтереси:

– визначення позаштатних ситуацій за допомогою експертної інформації.

Подано 11.04.2003