

## ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ УПРАВЛІННЯ В УМОВАХ РАДІОЕЛЕКТРОННОГО ПРИДУШЕННЯ

к.в.н. Ю.О. Горобець, К.О. Рачинський, к.т.н. О.М. Башкиров,  
к.т.н. Д.П. Пашков, к.т.н. О.П. Рачинський  
(подав д.т.н., проф. С.В. Козелков)

*Розглянуті алгоритм та методика оцінки якості інформаційного обміну даними між елементами системи управління, які отримані за допомогою системи супутникового зв'язку за умов впливу на цей обмін засобами радіоелектронного придушення (РЕП).*

**Вступ.** Стійкість передачі інформації між абонентами визначається багатьма факторами. На систему супутникового зв'язку (ССЗ), яка забезпечує стійкість управління, впливає багато дестабілізуючих факторів. Як один з дестабілізуючих факторів впливу на якість супутникового зв'язку в статті розглядається дія засобів РЕП. **Актуальність** статті пов'язана з необхідністю оцінки якості передавання інформації через ССЗ, яка може відрізнятися різноманітними варіантами обладнання, способами застосування засобів зв'язку. Крім цього, на якість зв'язку в цьому випадку впливають і варіанти розташування та використання засобів РЕП.

**Загальний аналіз проблеми.** Прийняття рішень командиром у сучасних умовах залежить від обсягу та якості одержуваної аналітичної інформації, частина якої отримана з борту космічного апарату (КА) за допомогою супутникового зв'язку. Якість одержуваної інформації визначається місцем розташування КА і розвідувального району, типом, технічним станом і способом використання апаратури забезпечення (зокрема, ССЗ) та спеціального комплексу КА, а також якістю управляючих впливів. Виходячи з цього, задача вибору варіанта експлуатації як космічного апарату взагалі, так й окремих засобів для одержання якісної інформації, що можуть розташовуватися на його борту, є завданням важливим та своєчасним. На варіанти обладнання та розташування засобів впливає багато факторів, умов, їх можна оцінювати за різними показниками та критеріями. За деякими критеріями окремих варіантів може бути кращим, за іншими – навпаки. Таким чином, така задача стає багатокритеріальною. Можливі шляхи рішення такої багатокритеріальної задачі показані в [1 – 3]. Подібне завдання вирішується з використанням математичного апарату нечітких множин, а також деяких підходів, що викладені в [4 – 5]. Але ж в цих джерелах не вирішується

питання оцінки впливу на інформацію, що отримана з борту космічного апарату через ССЗ, засобів РЕП, які можуть суттєво впливати на якість інформаційного обміну та цінність отриманих даних.

**Постановка завдання.** Будемо вважати відомими вихідні дані:  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$  – множина можливих варіантів розташування та обладнання КА, оснащення ССЗ, типів та розташування засобів РЕП, що підлягають багатокритеріальному аналізу;  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_m\}$  – множина якісних показників (критеріїв), за якими оцінюються можливі варіанти. Вважаємо також заздалегідь відомими варіанти обладнання КА та наземних станцій засобами супутникового зв'язку, їх вартість та ефективність.

Припустимо також, що відома нормована оцінка  $\mu^l(k_i)$  – число в діапазоні  $[0, 1]$ , яке характеризує чисельну оцінку варіанту  $p_i \in P$  за критерієм  $c_l \in C$ . Сутність оцінки така: 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 представити у виді нечіткої множини  $C_l$ , що задана таким чином:

$$\tilde{C}_l = \left\{ \frac{\mu^l(p_1)}{p_1}, \frac{\mu^l(p_2)}{p_2}, \dots, \frac{\mu^l(p_n)}{p_n} \right\}, \quad (1)$$

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

Завдання полягає в тому, щоб упорядкувати елементи множини  $P$  за критеріями з множини  $C$  з метою вибору найкращого варіанту взаємодії ССЗ із засобами РЕП. В умовах РЕП ця оцінка буде найкращою для варіанту з максимальним перекрученням отриманих з борту КА даних. Для військ зв'язку – навпаки, найкращим буде варіант з мінімальним впливом засобів РЕП на інформацію. Розв'язання цієї задачі дозволить вибрати як типи засобів, так й найкращий варіант їх розташування.

Таким чином, треба розробити алгоритм вибору найкращого варіанту взаємодії ССЗ із засобами РЕП, визначити варіанти критеріїв оцінки відповідно до конкретних обставин та умов, які складуть методику визначення варіанту інформаційного обміну.

**Рішення задачі.** На першому етапі алгоритму проведемо оцінку сукупності можливих варіантів інформаційного обміну по кожному з критеріїв множини  $C$ . Для цього формується матриця парних порівнянь за кожним критерієм  $c_l$  –  $A^l = (a_{ij}^l)_{n \times n}$ , де  $a_{ij}^l$  оцінюється експертом за дев'ятибальною шкалою Сааті [4]: 1 – якщо варіанти  $p_j$  та  $p_i$  рівноцінні; 3 – якщо існує слабка перевага варіанта  $p_j$  над варіантом  $p_i$ ; 5 – якщо існує істотна перевага варіанта  $p_j$  над варіантом  $p_i$ ; 7 – якщо існує явна перевага варіанта  $p_j$  над варіантом  $p_i$ ; 9 – якщо існує абсолютна перевага варіанта  $p_j$  над варіантом  $p_i$ ; 2, 4, 6, 8 – проміжні порівняльні оцінки.

На другому етапі алгоритму обчислюються ступені приналежності, необхідні для формування нечіткої множини (1):

$$\mu^l(p_1) = \frac{1}{a_{i1}^l + a_{i2}^l + \dots + a_{in}^l}.$$

Як відомо з [5], найбільш точною характеристикою можливого варіанту взаємодії ССЗ із засобами РЕП є та оцінка, яка є “найкращою” за критеріями  $c_1, c_2, \dots, c_m$ . В зв'язку з цим на третьому етапі алгоритму визначається нечітка множина, яка необхідна для рейтингового аналізу. Вона розраховується у вигляді перетину

$$D = \tilde{c}_1 \cap \tilde{c}_2 \cap \dots \cap \tilde{c}_m.$$

В зв'язку з тим, що в теорії нечітких множин операції перетину  $\cap$  відповідають логічній операції  $\min$ , на четвертому етапі алгоритму можливо розрахувати множину D:

$$D = \left\{ \min_{l=1,m} [\mu^l(p_1)]/p_1, \min_{l=1,m} [\mu^l(p_2)]/p_2, \dots, \min_{l=1,m} [\mu^l(p_n)]/p_n \right\}. \quad (2)$$

Після цього на заключному етапі алгоритму проводиться аналіз отриманої множини D з метою вибрати раціональний варіант взаємодії ССЗ із засобами РЕБ.

Як приклад, розглянемо такі варіанти аналізу:  $S_1$  – застосування для впливу на ССЗ засобів РЕБ космічного розташування (КА спостереження з високоеліптичною орбітою);  $S_2$  – застосування для впливу на ССЗ засобів РЕБ повітряного розташування;  $S_3$  – застосування для впливу на ССЗ засобів РЕБ наземного базування.

Для оцінки варіантів скористаємося, наприклад, такими критеріями:  $c_1$  – стійкість функціонування спеціального комплексу КА;  $c_2$  – вартість одержання інформації з КА;  $c_3$  – ступінь достовірності інформації, одержуваної з КА. У [6] показано, що в результаті парних порівнянь отримаємо: 1) оцінка за критерієм  $c_1$ : явна перевага  $S_1$  і  $S_3$  над  $S_2$ ; відсутність переваги  $S_1$  над  $S_3$ ; 2) оцінка за критерієм  $c_2$ : істотна перевага  $S_1$  над  $S_2$ ; відсутність переваги  $S_3$  над  $S_1$ ; істотна перевага  $S_3$  над  $S_1$ ; істотна перевага  $S_3$  над  $S_2$ ; 3) оцінка за критерієм  $c_3$ : явна перевага  $S_3$  над  $S_1$ ; майже явна перевага  $S_2$  над  $S_1$ ; майже слабка перевага  $S_3$  над  $S_2$ . Таким чином, цим експертним вираженням відповідають матриці парних порівнянь:

$$A(c_1) = \begin{matrix} & \begin{matrix} S_1 & S_2 & S_3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \end{matrix} & \begin{vmatrix} 1 & 1/7 & 1 \\ 7 & 1 & 7 \\ 1 & 1/7 & 1 \end{vmatrix} \end{matrix}; \quad A(c_2) = \begin{matrix} & \begin{matrix} S_1 & S_2 & S_3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \end{matrix} & \begin{vmatrix} 1 & 1/5 & 1 \\ 5 & 1 & 4 \\ 1 & 1/4 & 1 \end{vmatrix} \end{matrix}; \quad A(c_3) = \begin{matrix} & \begin{matrix} S_1 & S_2 & S_3 \end{matrix} \\ \begin{matrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \end{matrix} & \begin{vmatrix} 1 & 6 & 7 \\ 1/6 & 1 & 7/6 \\ 1/7 & 6/7 & 1 \end{vmatrix} \end{matrix}.$$

Після підстановки отриманих матриць парних порівнянь до формули (2), одержимо:

$$c_1 = \left\{ \frac{0,46}{S_2}, \frac{0,06}{S_2}, \frac{0,46}{S_3} \right\}; \quad c_2 = \left\{ \frac{0,45}{S_1}, \frac{0,03}{S_2}, \frac{0,46}{S_3} \right\}; \quad c_3 = \left\{ \frac{0,07}{S_1}, \frac{0,43}{S_2}, \frac{0,05}{S_3} \right\}.$$

Після використання нечітких множин  $c_1 - c_3$  та формули (2) одержимо:

$$D = \left\{ \frac{0,07}{S_1}, \frac{0,06}{S_2}, \frac{0,45}{S_3} \right\}.$$

Аналіз множини  $D$  показує перевагу  $S_3$  над  $S_2$  і  $S_1$ , а також майже відсутню перевагу  $S_1$  над  $S_2$ .

**Висновки.** Таким чином, запропонований алгоритм при визначених критеріях оцінки стає універсальним та дозволить вибрати раціональний варіант експлуатації технічних засобів зв'язку для одержання найбільш якісної інформації, а для військ РЕБ – визначити варіант розташування засобів РЕП.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Бобунов А.І. Підхід до ідентифікації позаштатних ситуацій бортових систем космічних апаратів // Вісник ЖІТІ. – 2000. – № 13. – С. 35 – 36.
2. Мамиконов А.Г. Принятие решений и информация. – М.: Наука, 1983. – 184 с.
3. Герасимов Б.М., Тарасов В.А., Токарев И.В. Человеко-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта. – К.: Научная мысль, 1993. – 181 с.
4. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. – М.: Мир, 1982. – 432 с.
5. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети. – Винница: “УНИВЕРСУМ – Винница”, 1999. – 320 с.

Надійшла 7.09.2004

**ГОРОБЕЦЬ Юрій Олексійович**, кандидат військових наук, доцент кафедри Національної академії оборони України, закінчив КВЗРІУ у 1984 році, ВА ППО СВ у 1993 році. Область наукових інтересів – використання інформаційних технологій у військовій справі.

**РАЧИНСЬКИЙ Костянтин Олександрович**, закінчив ХВВКІУ РВ у 1970 році. Область наукових інтересів – інформаційні космічні системи та комплекси.

**БАШКИРОВ Олександр Михайлович**, кандидат технічних наук, доцент кафедри Національної академії оборони України, закінчив КВІРТУ ППО у 1980 році. Область наукових інтересів – побудова та функціонування інформаційних систем.

**ПАШКОВ Дмитро Павлович**, кандидат технічних наук доцент кафедри Національної академії оборони України. У 1993 році закінчив КВІРТУ, у 2000 році – ХВУ. Область наукових інтересів – радіотехнічні системи та комплекси космічного призначення.

**РАЧИНСЬКИЙ Олександр Петрович**, кандидат технічних наук, начальник сектору ЦККП (Євпаторія). У 1994 році закінчив ВІКІ, у 2003 році – ХВУ. Область наукових інтересів – антенні пристрої радіотехнічних систем космічного призначення.