

О.М. Перегуда, к.т.н., с.н.с.
В.І. Коріненко, ст. викл.
В.Ю. Бовсуновський, н.с.

Житомирський військовий інститут ім. С.П. Корольова
Національного авіаційного університету

МЕТОД УРАХУВАННЯ СТАТИСТИЧНИХ ДАНИХ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОЇ РАДІОСТАНЦІЇ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

(Представлено к.т.н., доц. Шуренко В.А.)

У статті розглядається метод підвищення ефективності функціонування інформаційної системи визначення режиму роботи багатофункціональної радіостанції в умовах невизначеності обстановки. Запропоновано методику для корегування режимів її роботи на основі статистичних даних.

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку засобів радіозв'язку на великі відстані більшістю провідних держав світу здійснюється активна розробка і впровадження багатофункціональних радіостанцій, призначених для виконання широкого спектра завдань у різних умовах обстановки [1]. Серед вітчизняних мобільних цифрових засобів, що здатні забезпечувати зв'язок на великій відстані за рахунок іоносферного розповсюдження радіохвиль, слід підкреслити короткохвильову радіостанцію малої потужності [2]. За відсутності вихідних даних про умови оперативної обстановки для визначення режимів роботи радіостанції запропоновано застосовувати методику, яка базується на використанні теорії нечіткої логіки [3]. Проте за наявності статистичних даних методика не забезпечує потрібної достовірності визначення режимів роботи під час налаштування інформаційної системи, оскільки ґрунтується лише на обробці експертних даних.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За відсутності статистичних даних використання режимів роботи (РР) при проведенні сеансів радіозв'язку та браку досвіду роботи на радіотрасах для визначення РР багатофункціональної радіостанції в [3, 5, 6] запропоновано використовувати теорію нечіткої логіки, яка базується на проведенні експертного опитування щодо доцільності застосування радіостанції у відповідних умовах оперативної обстановки. Результати розрахунків оцінок доцільності використання РР радіостанції для кожної категорії кореспондентів подано у вигляді відповідного масиву:

$$K = \|k_m^n\|; \quad m = (\overline{1, M}); \quad n = (\overline{1, N}), \quad (1)$$

де K – масив коефіцієнтів доцільності використання РР радіостанції; k_m^n – коефіцієнт доцільності використання РР радіостанції; m – порядковий номер РР радіостанції; n – порядковий номер категорії кореспондента за оперативною важливістю та режимом готовності системи зв'язку.

Аналіз результатів застосування запропонованої методики [3], яка реалізована в інформаційній системі визначення раціонального режиму роботи багатофункціональної радіостанції, свідчить, що вона забезпечує достовірність прийняття рішення ($p_{\text{аіііо}} = 0,92$), а це задовольняє вимоги щодо організації радіозв'язку з усіма категоріями кореспондентів:

$$p_{\text{аіііо}}^{\text{іаііо} \text{ мін}} \leq p_{\text{аіііо}} \leq p_{\text{аіііо}}^{\text{іаііо} \text{ макс}}, \quad (2)$$

де $p_{\text{аіііо}}^{\text{іаііо} \text{ мін}} = 0,91$ – мінімально необхідна достовірність прийняття рішення; $p_{\text{аіііо}}^{\text{іаііо} \text{ макс}} = 0,97$ – максимально необхідна достовірність прийняття рішення.

Проте використання методики визначення раціонального РР не забезпечує максимально необхідної достовірності прийняття рішень в інформаційній системі, зокрема, для найбільш важливих категорій кореспондентів, створюючи передумови до зниження надійності зв'язку. Це викликано тим, що застосування лише експертних даних в інформаційній системі не дозволяє об'єктивно оцінити ступінь доцільності використання РР радіостанції через наявність суб'єктивного фактора і потребує подальшого корегування коефіцієнтів доцільності з урахуванням накопичених статистичних даних проведення сеансів зв'язку.

Враховуючи зазначене, існує необхідність удосконалення існуючої методики визначення раціонального РР багатофункціональної радіостанції [3] методом корегування результатів експертного опитування на основі статистичних даних проведення сеансів зв'язку [4, 8, 9].

Метою статті є розробка методу корегування результатів експертного опитування щодо доцільності використання РР багатофункціональної радіостанції на основі статистичних даних результатів проведення сеансів зв'язку.

Таким чином, **завдання розробки досліджуваного методу** полягає у визначенні корегованих значень коефіцієнтів доцільності використання РР радіостанції (1) на основі статистичних даних результатів проведення сеансів зв'язку та швидкості зміни умов оперативної обстановки [4, 7]

$$\begin{aligned} \tilde{K} &= \left\| \tilde{k}_m^n \right\|; \\ \tilde{k}_m^n &= k_m^n f(x_m^n, C', \dot{A}', \dot{I}'), \end{aligned} \quad (3)$$

де \tilde{k}_m^n – кореговані значення коефіцієнтів доцільності використання РР радіостанції; x_m^n – кількість (частота) сеансів радіозв'язку, проведених у m -му РР радіостанції для n -ї категорії кореспондента; C', \dot{A}', \dot{I}' – швидкість зміни оперативних умов роботи кореспондента (своєчасності, достовірності, прихованості).

Викладення основного матеріалу досліджень. Корегування експертних даних полягає в нормуванні коефіцієнтів доцільності (1) вибору РР радіостанції, отриманих з урахуванням прирощень, що визначаються шляхом вибору відповідної функції корекції на основі кількості проведених сеансів зв'язку і швидкості зміни умов оперативної обстановки. Вибір форми функції корекції визначає ступінь довіри до експертної думки або ступінь впливу статистичних даних на результат прийняття рішення.

Враховуючи зазначене, метод корегування результатів експертного опитування щодо доцільності використання РР радіостанції складається з таких етапів:

1. Накопичення статистичних даних щодо частоти застосування РР при проведенні сеансів зв'язку для кожної категорії кореспондентів у вигляді відповідного масиву:

$$\begin{aligned} K^n &= (k_1^n, k_2^n, \dots, k_m^n, \dots, k_M^n); \\ K^n &= \sum_{m=1}^M k_m^n, \end{aligned} \quad (4)$$

де k_m^n – кількість сеансів зв'язку, які відбулися з кореспондентом n -ї категорії у m -му РР радіостанції.

Наприклад:

$$K_1 \quad 100 \quad (PP_1 = 10, PP_2 = 10, PP_3 = 50 \dots PP_{25} = 15),$$

$$K_2 \quad 30 \quad (PP_1 = 15, PP_2 = 0, PP_3 = 10 \dots PP_{25} = 2),$$

...

$$K_{25} \quad 10 \quad (PP_1 = 0, PP_2 = 2, PP_3 = 5 \dots PP_{25} = 1).$$

2. Вибір функції корекції коефіцієнтів доцільності РР з урахуванням кількості проведених сеансів зв'язку відбувається у такий спосіб:

$$\zeta_m^n = f(k_m^n, C', \dot{A}', \dot{I}'), \quad (5)$$

де ζ_m^n – функціонал визначення ступеня корекції коефіцієнта доцільності РР радіостанції.

Враховуючи нестационарність умов оперативної обстановки даних при визначенні функціонала (5), для корекції статистичних даних пропонується застосувати множину лінійних функцій та теорію нечіткої логіки з подальшим вибором раціонального варіанта [4, 8, 9], наприклад:

$$f(k_m^n, C', \dot{A}', \dot{I}') = \begin{cases} 0,01, & 0 < k_m^n \leq 10 \cup (C', \dot{A}', \dot{I}') \rightarrow \max; \\ 0,05, & 10 < k_m^n \leq 30 \cup (C', \dot{A}', \dot{I}') \rightarrow \text{нечітка}; \\ 0,1, & 30 < k_m^n \leq 50 \cup (C', \dot{A}', \dot{I}') \rightarrow \text{нечітка}; \\ 0,5, & 50 < k_m^n \leq 70 \cup (C', \dot{A}', \dot{I}') \rightarrow \text{нечітка}; \\ 1, & 70 < k_m^n \cup (C', \dot{A}', \dot{I}') \rightarrow \text{const.} \end{cases} \quad (6)$$

Наприклад, попередньо за результатами експертного опитування було визначено коефіцієнти доцільності РР для відповідних категорій кореспондентів (табл. 1).

Таблиця 1

Коефіцієнти доцільності РР для відповідних категорій кореспондентів

| № К \ № РР | 1 | 2 | 3 | ... | 25 | K^n |
|------------|------|------|------|-----|------|-------|
| К1 | 0,59 | 0,02 | 0,37 | ... | 0,51 | 3,5 |
| К2 | 0,09 | 0,49 | 0,03 | ... | 0,39 | 3 |

| № K \ № PP | 1 | 2 | 3 | ... | 25 | K^n |
|------------|------|------|------|-----|------|-------|
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| K12 | 0,12 | 0,01 | 0,09 | ... | 0,11 | 2,5 |

За результатами накопичених статистичних даних щодо частоти застосування РР при проведенні сеансів зв'язку для кожної категорії кореспондентів необхідно провести корегування коефіцієнтів доцільності.

Вибір варіанта функції корекції визначається частотою використання РР радіостанції або швидкістю змін умов оперативної обстановки. Для підвищення точності визначення ступеня корекції кількість варіантів лінійних функцій може бути збільшено.

3. Обчислення ступеня корекції коефіцієнта доцільності Δ_m^n здійснюється на основі такого виразу:

$$\Delta_m^n = \zeta_m^n x_m^n, \quad (7)$$

де ζ_m^n – функціонал визначення ступеня корекції коефіцієнта доцільності РР радіостанції згідно з виразом (6) (табл. 2).

Таблиця 2

Розраховані ступені корекції коефіцієнта доцільності Δ_m^n

| № K \ № PP | 1 | 2 | 3 | ... | 25 |
|------------|--------|--------|---------|-----|--------|
| K1 | 0,0059 | 0,0002 | 0,037 | ... | 0,0255 |
| K2 | 0,0045 | 0 | 0,00015 | ... | 0,0039 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| K12 | 0 | 0,0001 | 0,0009 | ... | 0,0011 |

4. Обчислення нормованих значень величин приросту коефіцієнтів доцільності використання РР радіостанції відбувається за виразом:

$$\Delta k_m^n = \frac{x_m^n}{\sigma^n} \Delta_m^n, \quad (8)$$

де Δk_m^n – приріст коефіцієнта доцільності використання РР радіостанції (табл. 3).

Таблиця 3

Нормовані значення величин приросту коефіцієнтів доцільності використання РР радіостанції

| № K \ № PP | 1 | 2 | 3 | ... | 25 |
|------------|---------|---------|---------|-----|----------|
| K1 | 0,00059 | 0,00002 | 0,0185 | ... | 0,003825 |
| K2 | 0,0009 | 0 | 0,00005 | ... | 0,00026 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| K12 | 0 | 0,00002 | 0,00018 | ... | 0,00011 |

5. Корегування коефіцієнтів доцільності використання РР радіостанції проводиться таким чином:

$$\hat{k}_m^n = k_m^n + \Delta k_m^n, \quad (9)$$

де \hat{k}_m^n – коефіцієнти доцільності використання РР радіостанції з урахуванням результатів корекції (табл. 4).

Таблиця 4

Кореговані коефіцієнти доцільності використання РР радіостанції

| № K \ № PP | 1 | 2 | 3 | ... | 25 |
|------------|---------|---------|---------|-----|----------|
| K1 | 0,59059 | 0,02002 | 0,3885 | ... | 0,513825 |
| K2 | 0,0909 | 0,49 | 0,03005 | ... | 0,39026 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| K12 | 0,12 | 0,01002 | 0,09018 | ... | 0,11011 |

б. Нормування корегованих значень коефіцієнтів доцільності використання РР радіостанції розраховується за виразом:

$$\hat{K}^n = \sum_{m=1}^M \hat{k}_m^n ; \quad (10)$$

$$\tilde{k}_m^n = \frac{\hat{k}_m^n}{\hat{K}^n} \cdot K^n.$$

Таблиця 5

Нормовані кореговані коефіцієнти доцільності використання РР радіостанції

| № К \ № РР | 1 | 2 | 3 | ... | 25 | \hat{K}^n |
|------------|---------|----------|----------|-----|---------|-------------|
| K1 | 0,58675 | 0,01989 | 0,38597 | ... | 0,51048 | 3,522935 |
| K2 | 0,09089 | 0,48997 | 0,030047 | ... | 0,39023 | 3,00021 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| K12 | 0,11999 | 0,010019 | 0,09017 | ... | 0,11009 | 2,50031 |

Підсумком виконання етапу корегування результатів експертного опитування на основі статистичних даних проведення сеансів зв'язку є формування масиву \tilde{K} нормованих значень коефіцієнтів доцільності використання РР радіостанції з урахуванням кількості сеансів зв'язку і зміни умов оперативної обстановки:

$$\tilde{K} = \left\| \tilde{k}_m^n \right\|. \quad (11)$$

Висновки. Використання запропонованого методу в інформаційній системі визначення раціонального режиму дозволяє підвищити достовірність прийняття рішення на 5 % ($p_{\text{аіііо}} = 0,97$), створюючи передумови до підвищення надійності зв'язку з використанням багатофункціональної радіостанції.

Запропонований метод може бути застосовано як модель "донавчання" бази знань інформаційної системи визначення раціонального режиму роботи багатофункціональних радіостанцій.

За умов накопичення достатньої кількості статистичних даних подальше удосконалення запропонованого методу пов'язане із розробкою процедури прогнозування умов оперативної обстановки.

Список використаної літератури:

1. Аналітичний огляд розвитку мобільних засобів радіозв'язку оперативно-тактичної та тактичної ланок управління збройних сил провідних країн / В.М. Корольов, Е.В. Лучук, В.В. Лужняк та ін. // Військово-технічний збірник. – Львів : ЛІСВ, 2009. – Вип. 1. – С. 80–84.
2. Малогабаритная помехозащищенная КВ радиостанция малой мощности [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://uos.ua/produksiya/svyaz-i-asu/37-malogabarit-naaya-pomehozashchishchennaya-kv-radiostantsiya-maloy-moshchnosti>.
3. Шуренок В.А. Методика визначення режимів роботи радіостанції з використанням теорії нечіткої логіки / В.А. Шуренок, В.І. Коріненко, В.Ю. Бовсуновський // Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем : зб. наук. пр. – Житомир : ЖВІ НАУ. – 2010. – Вип. 4. – С. 72–77.
4. Бешелев С.Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гуревич. – 2-ое изд. перераб. и доп. – М. : Статистика, 1980. – 263 с.
5. Брахман Т.Р. Многокритериальность и выбор альтернативы в технике / Т.Р. Брахман. – М. : Радио и связь, 1984. – 288 с.
6. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений: теория, синтез, эффективность / В.А. Тарасов, Б.М. Герасимов, И.А. Левин и др. – К. : Изд. МАКНС, 2007. – 336 с.
7. Самохвалов Ю.Я. Экспертное оценивание. Методический аспект / Ю.Я. Самохвалов, Е.М. Науменко. – К. : Изд. ДУИКТ, 2007. – 262 с.
8. Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г.Корн, Т.Корн – М. : Наука, 1968. – 716 с.
9. Бронштейн И.Н. Справочник по математике / И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев. – М. : Наука, 1980. – 975 с.

ПЕРЕГУДА Олександр Михайлович – кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник наукового центру Житомирського військового інституту імені С.П. Корольова Національного авіаційного університету.

Наукові інтереси:

– розробка та впровадження систем підтримки прийняття рішень з елементами штучного інтелекту.

КОРІНЕНКО В'ячеслав Іванович – старший викладач кафедри Житомирського військового інституту імені С.П. Корольова Національного авіаційного університету.

Наукові інтереси:

– обробка результатів експертних оцінок;

– системи підтримки прийняття рішень;

– дослідження теоретичних, науково-технічних проблем, які пов'язані із застосуванням та розробкою систем зв'язку.

БОВСУНОВСЬКИЙ Віктор Юрійович – науковий співробітник науково-дослідної лабораторії наукового центру Житомирського військового інституту імені С.П. Корольова Національного авіаційного університету.

Наукові інтереси:

– системи підтримки прийняття рішень;

– дослідження теоретичних, науково-технічних проблем, які пов'язані із застосуванням та розробкою систем зв'язку.

Стаття надійшла до редакції 23.01.2013