

УДК 623.396.2

Володимир Анатолійович Шуренок,
В'ячеслав Іванович Коріненко,
Віктор Юрійович Бовсуновський

МЕТОДИКА ВРАХУВАННЯ УЗГОДЖЕНОСТІ ЕКСПЕРТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ РЕЖИМІВ РОБОТИ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОЇ РАДІОСТАНЦІЇ

Постановка проблеми. На сучасному етапі за умов широкого застосування збройних сил та здійснення оперативного управління ними за допомогою радіостанцій з багатьма режимами роботи постає завдання їх доцільного вибору. Вибір режиму роботи багатофункціональної радіостанції здійснюється з використанням методики [1], що враховує розповсюдження радіохвиль у короткохвильовому діапазоні та експертну інформацію про умови оперативної обстановки. Однак при застосуванні цієї методики, яка базується на запропонованій моделі [1], були виявлені такі недоліки: складність вибору режиму роботи та їх значна кількість. Це призводить до неоднозначності розробки програм радіозв'язку, у яких основним елементом є вибір режиму роботи радіостанції.

Крім того, за результатами апробації запропонованої методики було визначено, що на неоднозначність вибору режимів роботи радіостанції та їх значну кількість найбільше впливає експертна інформація щодо вимог за достовірністю (Д), своєчасністю (С) та прихованістю (П).

Метою статті є розробка методики врахування узгодженості експертної інформації підтримки прийняття рішення вибору режимів роботи багатофункціональної радіостанції за декількома критеріями.

Огляд останніх досліджень і публікацій. В [1, 2] запропоновані різні методи отримання експертних оцінок, де з кожним експертом працюють окремо, незалежно від авторитетів інших. Розглядаються методи групової обробки експертної інформації для особи, що приймає рішення (ОПР) [3]. Кількість експертів обирається такою, щоб статистичні методи перевірки узгодженості думок та їх усереднення давали можливість приймати обґрунтовані рішення.

На даний час відомі такі методи оцінки узгодженості експертної інформації: розрахунок коефіцієнта варіації, визначення коефіцієнтів асоціації за допомогою коефіцієнтів рангової кореляції, а також метод, який базується на теорії перевірки непараметричних гіпотез тощо. Достатньо точні результати без складних обчислень можна отримати, використовуючи метод розрахунку коефіцієнта конкордації [4].

Коефіцієнти рангової кореляції оцінювання узгодженість ранжувань альтернатив двома експертами ($p=2$), коефіцієнти конкордації — узгодженість ранжувань усіх членів експертної комісії або їх частини ($p>2$). Якщо думки всіх експертів ($p>2$), які вказали суворе ранжування альтернатив, співпадають, то сума рангів найбільш переважаючої альтернативи дорівнює p , для наступної — $2p$ і так далі. Сума рангів найменш переважаючої альтернативи буде pm . Значення суми рангів збільшується послідовно від p до pm , середнє значення суми рангів дорівнює $p(m+1)/2$. Віднімаючи від кожної суми рангів $p(m+1)/2$, отримують:

$$1/2p(1-m), 1/2p(3-m), \dots, 1/2p(m-1). \quad (1)$$

Сума квадратів відхилень усіх сум рангів від середнього значення $p(m+1)/2$ дорівнює $p^2(m^3-m)/12$. Сума квадратів відхилень S для будь-якої сукупності p ранжувань m об'єктів не може бути більшою, ніж величина $p^2(m^3-m)/12$. Чим більше узгоджені експертні переваги, описані у вигляді ранжувань, тим ближче значення S до $p^2(m^3-m)/12$. Чим менше протиріч, тим більше суми рангів наближаються до середнього значення $p(m+1)/2$, а S до 0. Таким чином, характеристикою узгодженості

m експертів при $p > 2$ є коефіцієнт конкордації:

$$W = \frac{12S}{p^2(m^3 - m)} \quad (2)$$

Значення W змінюється від 1 при повному співпаданні ранжувань експертів до 0, коли узгодженість експертних оцінок відсутня. Якщо в ранжуваннях пов'язані ранги, то коефіцієнт конкордації в даному випадку має такий вигляд:

$$W = \frac{S}{S_{\max} - p \cdot \sum_{j=1}^p T_j} \quad (3)$$

де $T_j = \frac{1}{12} \cdot \sum t^3 - t_j \cdot k_j$,

t_j — кількість повторень кожного рангу j -му стовпчику (табл. 1);

k_j — кількість рангів j -му стовпчику, що повторюються.

Таблиця 1

Розрахунок значень рангів пріоритетності об'єктів

Оцінки a_{ij}	Експерт	1	2	3	...	j
	Об'єкт					
	1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	...	a_{1j}
	2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	...	a_{2j}

i	a_{i1}	a_{i2}	a_{i3}	...	a_{ij}	

Однак даний підхід не забезпечує врахування конкордації оцінок експертів за декількома параметрами.

Викладення основного матеріалу дослідження. Для того, щоб при оцінюванні вимог до режиму щодо Д, С, П можна було опиратися на думки експертів, необхідно визначити їх узгодженість та достовірність. З цією метою після отримання результатів опитування необхідно обробити оцінки, які визначені експертами.

Багатофункціональна радіостанція здатна забезпечувати роботу з кореспондентами у багатьох режимах [5], наведених у табл. 2 ($m=25$). Група експертів із тринадцяти осіб ($p=13$) оцінює доцільність використання режимів роботи багатофункціональної радіостанції за вимогами: Д, С, П.

Таблиця 2

Режими роботи спеціальної радіостанції

№ з/п	Режим роботи радіостанції
1	Відносна фазова телеграфія G1B, V=125 Бод
2	Відносна фазова телеграфія G1B, V=250 Бод
...	...
25	Робота в режимі псевдовипадкової перестройки робочої частоти (ППРЧ)

Результати опитування експертів за 9-бальною шкалою Сааті наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Результати опитування експертів

Режими роботи	Експерти	Д	С	П	Підсумок (середнє арифметичне)
1 режим	1	4	2	5	3,66
	2	5	3	6	4,66
	3	5	4	6	5
	4	5	4	7	5,33
	5	5	4	7	5,33
	6	6	4	7	5,66
	7	6	4	8	6
	8	6	4	8	6
	9	6	4	8	6
	10	6	5	8	6,33
	11	6	5	8	6,33
	12	6	5	9	6,66
	13	7	6	9	7,33
2 режим	1	3	4	4	3,66
	2	3	4	5	4
	3	4	5	6	5
	4	4	5	6	5
	5	5	5	6	5,33
	6	5	6	7	6
	7	5	6	7	6

Продовження таблиці 3

Режими роботи	Експерти	Д	С	П	Підсумок (середнє арифметичне)
2 режим	8	5	6	7	6
	9	5	6	7	6
	10	6	6	8	6,66
	11	6	7	8	7
	12	6	7	8	7
	13	7	8	9	8
...
25 режим	1	2	6	2	3,33
	2	3	7	2	4
	3	3	7	3	4,33
	4	4	8	3	5
	5	4	8	3	5
	6	4	8	3	5
	7	5	8	3	5,33
	8	5	8	3	5,33
	9	5	8	3	5,33
	10	5	8	3	5,33
	11	6	8	3	5,66
	12	6	9	4	6,33
	13	7	9	5	7

Методика врахування узгодженості експертної інформації при визначенні режимів роботи спеціальної радіостанції

1. Розрахунок середньоарифметичних значень результатів опитування експертів доцільності використання режимів роботи багатofункціональної радіостанції відповідно до вимог Д, С, П.

Отримані середньоарифметичні значення оцінок експертів режимів роботи заносяться в табл. 3 (матриця $\|a_{ij}\|$).

2. На підставі оцінок $\|a_{ij}\|$, заданих експертами, створюється матриця важливості — $\|\alpha_{ij}\|$, де $i = \overline{1, m}$, $j = \overline{1, p}$. Її отримують з матриці $\|a_{ij}\|$, виходячи із коефіцієнтів відносної важливості режимів a_{ij} і рангів їх пріоритетності, шляхом присвоєння номерів 1, 2, 3, ... m натурального ряду чисел (табл. 4).

Таблиця 4

Експерт	Режим	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
		Оцінки a_{ij}	1	3,33	4,66	5	5,33	5,33	5,66	6	6	6	6,33	6,33
2	3,66		4	5	5	5,33	6	6	6	6	6,66	7	7	8
3	3,66		4,66	4,66	5,33	5,66	5,66	5,66	5,66	5,66	6	6	6,66	7,33
4	3,33		4,33	4,33	4,66	5	5	5	5	5,33	6	6	6,66	7,33
5	4,66		5,33	5,66	6	6,33	6,66	6,66	6,66	6,66	7	7	8	8
6	5		5,33	6	6	6,33	6,33	6,33	6,33	7	7	7	8	8,33
7	3,33		4,33	4,66	5,33	5,33	5,66	6	6	6,33	6,33	6,66	7	7,33
8	3,33		4,33	4,66	5,33	5,33	5,33	5,66	6	6	6,33	6,66	7,33	7,66
9	3,66		4,66	5	5,33	5,66	6	6	6	6,33	6,33	7	7,33	7,66
10	4		5	5,33	6	6	6	6,33	6,33	6,33	6,33	7	7,33	8
11	4		5	5,33	6	6,33	6,33	7	7	7	7,33	7,33	8	8,33
12	4,66		5,33	6	6,66	7	7	7	7	7	7,33	8	8	8,66
13	4		5	5	5,66	5,66	5,66	6,33	6,33	6,33	6,33	7,33	7,33	7,66
14	5		5,66	6	6,66	6,66	6,66	7	7	7,33	7,66	7,66	8,33	8,33
15	4,66		5,33	5,33	6,33	6,33	6,33	6,33	6,66	6,66	7	7	7,33	7,66
16	4,66		5,33	5,33	6	6	6,33	6,33	6,33	6,33	6,66	7	7,33	8

Експерт Режим	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	17	4,33	5	5,66	6	6,33	6,66	7	7,33	7,33	7,66	7,66	8,33
18	5	5,66	6	6	6,66	6,66	7	7	7	7,33	7,66	8	8,66
19	3,33	4,33	5	5,66	6	6,33	6,66	6,66	6,66	7	7	7,66	8
20	4,66	5,33	6	6,33	6,66	6,66	6,66	6,66	7	7	7,66	8,33	8,66
21	3,66	4,66	5	5,66	5,66	6	6	6,33	6,66	6,66	7	7,33	7,66
22	3,66	4,33	5	5,33	5,66	5,66	5,66	6	6	6	6,33	7,33	8
23	4,33	4,33	5	5,33	5,33	5,66	6	6	6	6	6,66	7	8

3. При ранжуванні доцільних режимів роботи багатofункціональної радіостанції вони розміщуються в порядку зростання або зменшення середнього арифметичного значення X , яке якісно не вимірюється. Ранг a_i вказує те місце, яке займає i -тий режим серед інших m режимів. Ранжування застосовується, коли режими розміщуються відповідно до якості, яка не вимірюється та не підраховується. При обчисленні рангів важливості для порівняння даних можна визначити ряд їх переваг, що розглядаються. Числа, які характеризують порядкову міру переваги результатів, наприклад, двох режимів, не можна ділити або віднімати, намагаючись визначити, наскільки перший результат кращий другого.

4. Упорядкована послідовність сумарних рангів m режимів має вигляд:

$$\alpha_1 < \alpha_2 < \dots < \alpha_i < \dots < \alpha_m \quad (4)$$

де α_i знаходиться із матриці $\|\alpha_{ij}\|$ за формулою:

$$\alpha_i = \sum_{j=1}^p \alpha_{ij} \quad (5)$$

Середнє значення для сумарних рангів ряду, що розглядається, $\sum_{j=1}^p \alpha_{1j}$,

$\sum_{j=1}^p \alpha_{2j}$, ..., $\sum_{j=1}^p \alpha_{ij}$ і дорівнює

$$\alpha = 1 / 2p(m + 1) \quad (6)$$

5. У випадку, якщо режими мають однакові ранги, необхідно записати рівний середньому значенню місць, які ці режими ділять між собою.

6. Отримані значення рангів важливості (матриця $\|\alpha_{ij}\|$) та сумарні значення за кожним режимом $\left(\sum_{j=1}^p \alpha_{ij} \right)$ записуються в таблицю.

7. Розраховуються відхилення від середнього значення (d) і квадратичне відхилення сумарних подій від середнього значення (d^2).

8. Визначається сумарне квадратичне відхилення сумарних подій від середнього значення α :

$$S = \sum_{i=1}^m d^2.$$

Величина S досягає максимального значення у випадку, якщо всі експерти дадуть однакові оцінки кожному C_i режиму.

Тоді ряд сумарних рангів, що розглядається, буде мати вигляд $p, 2p, \dots, mp$.

Віднімаються середні значення цього ряду:

$$\alpha = 1 / 2p(m + 1); 1 / 2p(1 - m); 1 / 2p(3 - m) \dots 1 / 2p(m - 1) \quad (7)$$

Сума квадратів даного ряду дорівнює:

$$S_{\max} = 1 / 12p^2(m^3 - m). \quad (8)$$

9. Коефіцієнт конкордації розраховується як міра узгодженості експертів [4]:

$$W = S / S_{\max}. \quad (9)$$

10. У випадку, коли розглядається послідовність $\alpha_1 < \alpha_2 < \dots < \alpha_i < \dots < \alpha_m$, окрім суворих нерівностей має місце співпадання рангів, тому формула обчислення коефіцієнта конкордації має такий вигляд:

$$W = S / \left(S_{\max} - p \cdot \sum_{j=1}^p T_j \right) \quad (10)$$

де $T_j = \frac{1}{12} \cdot \sum t^3 - t_j \cdot k_j$,

t_j — кількість повторень кожного рангу j -му стовпчику;

k_j — кількість рангів j -му стовпчику, що повторюються.

11. За результатами розрахунку коефіцієнта конкордації формуються висновки про ступінь узгодженості експертів. Необхідно, щоб розраховане значення W було більше заданого значення W_3 , яке задається в кожному випадку окремо та відображає необхідний ступінь узгодженості експертів при вирішенні конкретної проблеми.

Приклад застосування запропонованої методики

Нехай відповідно до методики [1] після всіх перевірок доцільними режимами роботи багатofункціональної радіостанції виявилися № 3, 6, 11, 16, 19.

Середнє значення для сумарних рангів ряду, що розглядається, дорівнює

$$\alpha = 1 / 2 \cdot p(t + 1) = 1 / 2 \cdot 13(5 + 1) = 39.$$

Розраховані відхилення від середнього значення (d) і квадратичне відхилення сумарних подій від середнього значення (d^2) заносяться в табл. 5.

Таблиця 5

Розрахунок значень рангів пріоритетності, відхилення і квадратичного відхилення сумарних оцінок режимів роботи спеціальної радіостанції від середнього значення

Експерт	Режим	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	$\sum_{j=1}^p \alpha_{ij}$	$d = \sum_{j=1}^p \alpha_{ij} - \alpha_{ij}$	d^2
		Оцінки α_{ij}	3	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5			
6	1		1,5	1	2	2	2,5	3,5	3,5	1,5	2,5	3	1,5	1,5	26,5	-12,5	156,25
11	3		3	2,5	2	2	2,5	1	1	1,5	1	1	1,5	1,5	23,5	-15,5	240,25
16	2		1,5	2,5	2	2	2,5	3,5	3,5	4	4	3	4	3,5	38	-1	1
19	5		5	4	4	4	2,5	2	2	3	2,5	3	3	3,5	21,5	-17,5	306,25

Сумарне квадратичне відхилення сумарних подій S від середнього значення α $S=1279,75$.

Сума квадратів даного ряду дорівнює: $S_{\max} = 1 / 12 \cdot 13^2 \cdot (5^3 - 5) = 1690$.

Міра узгодженості експертів — $W = S / S_{\max} = 1279,75 / 1690 = 0,76$.

Розрахунок T :

$$T_1 = \frac{1}{12} \cdot 0 = 0; \quad T_2 = \frac{1}{12} \cdot (2^3 - 2) = \frac{1}{2}; \quad T_3 = \frac{1}{12} \cdot (2^3 - 2) = \frac{1}{2}; \quad T_4 = \frac{1}{12} \cdot (3^3 - 3) = 2;$$

$$T_5 = \frac{1}{12} \cdot (3^3 - 3) = 2; \quad T_6 = \frac{1}{12} \cdot (4^3 - 4) = 5; \quad T_7 = \frac{1}{12} \cdot (2^3 - 2) = \frac{1}{2}; \quad T_8 = \frac{1}{12} \cdot (2^3 - 2) = \frac{1}{2};$$

$$T_9 = \frac{1}{12} \cdot (2^3 - 2) = \frac{1}{2}; \quad T_{10} = \frac{1}{12} \cdot (2^3 - 2) = \frac{1}{2}; \quad T_{11} = \frac{1}{12} \cdot (3^3 - 3) = 2; \quad T_{12} = \frac{1}{12} \cdot (2^3 - 2) = \frac{1}{2};$$

$$T_{13} = \frac{1}{12} \cdot (2^3 - 2) \cdot 2 = 1.$$

Таким чином,

$$W = \frac{1279,75}{1 / 12 \cdot 5 \cdot 13^2 \cdot (5^2 - 1) - 13 \cdot 7 \cdot 1 / 2 - 13 \cdot 3 \cdot 2 - 13 \cdot 5 - 13 \cdot 1} = \frac{1279,75}{1488,5} = 0,86.$$

Якщо коефіцієнт конкордації $W_3 = 0,6$, то при $W > 0,6$ дії експертів більшою мірою узгоджені. При $W < 0,6$ отримані оцінки не можна вважати достовірними [4].

Висновки. Таки чином, при визначенні доцільних режимів можна довіряти думці експертної групи та спиратися на неї.

Наукова новизна дослідження полягає в удосконаленні існуючої методики визначення коефіцієнта конкордації за декількома показниками для оцінювання узгодженості думок експертів при виборі найбільш доцільного режиму роботи багатофункціо-

нальної радіостанції за умовами оперативної обстановки.

Література

1. Герасимов Б. М. Нечеткие множества в задачах проектирования, управления и обработки информации / Б. М. Герасимов, Г. Г. Грабовский, Н. А. Рюмшин. — К. : Техніка, 2002. — 140 с. 2. Ротштейн А. П. Интеллектуальные системы идентификации / А. П. Ротштейн. — К. : Техніка, 1999. — 180 с. 3. Орлов А. И. Менеджмент / А. И. Орлов. — М. : Знание, 1999. — 85 с. 4. Голубков Е. П. Основы маркетинга / Е. П. Голубков. — [2 изд.]. — М. : Дело и Сервис, 2003. — 688 с. 5. Багатофункціональна радіостанція: керівництво з експлуатації. — Ч. 1. — 2008. — 50 с.

В статье предлагается усовершенствование методики определения режимов работы многофункциональной радиостанции с использованием теории нечёткой логики для учёта требований, которые предъявляются корреспондентам, особенностей распространения радиоволн в коротковолновом диапазоне, и условий оперативной обстановки, учитывая согласованность экспертной информации.

Ключевые слова: программа радиосвязи, экспертная информация, коэффициент конкордации, ранжирование.

In this article was propounded improvement of methods determining processes multifunctional radio-station with using illegible logic theory for consideration requirements, which lay down to correspondents, specialties of wave propagation in the short-wave band, and conditions of operative situation, taking into consideration coordination expert information.

Key words: program of radio communication, expert information, coefficient of concordation, regulating.