

МЕТОДИКА РОЗПОДІЛУ КОРЕСПОНДЕНТІВ МІЖ ВУЗЛАМИ ЗВ'ЯЗКУ В СИСТЕМІ РАДІОЗВ'ЯЗКУ

У статті подано формалізований опис задачі розподілу кореспондентів між вузлами зв'язку в системі радіозв'язку з урахуванням характерних особливостей, що підлягають урахуванню в процесі інформаційної обробки вихідних даних та бойових можливостей. Запропоновано методику вирішення поставленої багатокритерійної задачі на основі підходу, який полягає у переході до єдиної оцінки альтернатив за допомогою методу ELECTRE (ELECTRE – Elimination Et Choix Traduisant la Realite – виключення та вибір, відображаючи реальність) та застосування алгоритму розподілу кореспондентів за максимізацією отриманого критерію, з урахуванням обмежень, підмножини можливих для роботи вузлів зв'язку та категорії важливості (пріоритету) кореспондентів. Представлено приклад застосування розробленої методики.

Ключові слова: прийняття рішень; багатокритерійність; система радіозв'язку.

Вступ

Постановка проблеми. Одним з головних завдань, що вирішується в процесі інформаційної обробки вихідних даних та прийняття рішення в системі радіозв'язку (СРЗ), є розподіл кореспондентів між вузлами зв'язку (ВЗ).

Особливостями прийняття рішення при виборі ВЗ у СРЗ є певна невизначеність, що пов'язана зі складністю врахування змін радіоелектронної обстановки, можливою відмовою апаратури ВЗ, ймовірністю їх ураження, непрогнозованим зростанням кількості кореспондентів, з якими необхідно організувати якісний зв'язок тощо.

Наявні на сьогодні засоби СРЗ характеризуються низкою особливостей, які впливають із специфіки їх застосування та рівня бойових можливостей, що визначаються кількісними та якісними показниками. Основними показниками рівня бойових можливостей СРЗ є [1]: живучість, стійкість, завадостійкість, мобільність, надійність. До характерних особливостей кореспондентів належать їх категорія важливості та відстань до них.

Таким чином, розподіл кореспондентів до ВЗ у СРЗ характеризується значною кількістю факторів, що підлягають урахуванню, які у більшості випадків складно формалізуються та мають певну невизначеність. У класичній постановці задачі такого класу відносять до багатокритерійних [2,3].

Існуюча методика розподілу кореспондентів між ВЗ не дозволяє повною мірою здійснювати обробку великого об'єму інформації за відведений час та не враховує всі фактори, які впливають на розподіл.

Тому удосконалення існуючої методики розподілу кореспондентів між ВЗ є важливим науково-практичним завданням.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогоднішній день відомо достатньо велику кількість методів прийняття рішення в умовах

багатокритерійності [2-16]. Ефективність розв'язання такого класу задач залежить від правильного вибору методу.

З урахуванням змісту та типу вхідної інформації у ході розв'язання багатокритерійної задачі розподілу кореспондентів між ВЗ запропоновано підхід, який полягає у переході до єдиної оцінки альтернатив та застосування ефективного алгоритму для їх розподілу. Процес оцінювання (порівняння) альтернатив є важливим питанням у процесі прийняття рішення [4]. Для оцінювання альтернатив найбільш вживаними є: аксіоматичні методи [13], прямі методи [14], методи компенсації [15], методи порогів незрівняності ELECTRE [16]. Метод ELECTRE, запропонований Б. Руа, нетрудомісткий порівняно з іншими методами та дає можливість особі, яка приймає рішення (ОПР) впливати на процес розподілу кореспондентів між ВЗ.

Мета статті – удосконалити методику розподілу кореспондентів між ВЗ, що дозволить скоротити час на обробку даних.

Виклад основного матеріалу дослідження

Сформулюємо постановку багатокритерійної задачі розподілу кореспондентів між ВЗ у загальному вигляді.

Позначимо множину кореспондентів $C = \{C_1, C_2, \dots, C_i, \dots, C_n\}$ та множину ВЗ $O = \{O_1, O_2, \dots, O_j, \dots, O_m\}$.

Кожен i -ий кореспондент описується вектором: $\{x_i, y_i, z_i, KV_i, h_i, \Phi_i\}$, де x_i, y_i, z_i – координати місця знаходження кореспондента; KV_i – категорія важливості кореспондента (пріоритет), h_i – режим роботи кореспондента; Φ_i – вимоги до майстерності особового складу на ВЗ.

Кожен j -ий ВЗ описується вектором: $\{x_j, y_j, z_j, \text{ПБМ}_j, h_j, \Phi_j, g_j\}$, де x_i, y_i, z_i – координати розташування ВЗ; ПБМ_j – показник бойових можливостей (ПБМ) ВЗ, h_j – можливі режими роботи ВЗ; Φ_j – якісний ПБМ вузла СРЗ, який визначається кількістю фахівців відповідної класності (майстерності); g_j – максимальна кількість кореспондентів, яка може бути розподілена на ВЗ.

Кожна пара “кореспондент-ВЗ” ($\forall (i, j), i \in C, j \in O$) визначається набором характеристик: характеристика відстані β_{ij} , категорія важливості (пріоритет) KV_{ij} ; характеристика відповідності режимів роботи h_{ij} ; характеристика успішного виконання завдання ПБМ_{ij} ; якісна характеристика Φ_{ij} . Таким чином, відповідно визначених характеристик пари “кореспондент-ВЗ”, отримуємо векторний критерій:

$$\forall (i, j), i \in C, j \in O; \hat{c} = (\beta_{ij}, KV_{ij}, h_{ij}, \text{ПБМ}_{ij}, \Phi_{ij}). \quad (1)$$

Розподіл i -го кореспондента до j -го ВЗ буде задаватися булевою змінною x_{ij} :

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{при розподілі } i\text{-го} \\ & \text{кореспондента до } j\text{-го ВЗ,} \\ 0 & \text{– в іншому випадку.} \end{cases} \quad (2)$$

Варіант підключення множини кореспондентів C_n до множини ВЗ O_m визначається набором значень булевих змінних (булевою матрицею) $X = \|x_{ij}\|, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$.

Розрахунок вказаних характеристик для розподілу кореспондентів ($\forall i \in C$) між ВЗ ($\forall j \in O$):

1. Відстань від кореспондента до ВЗ L_{ij} :

Кращими з погляду енергетичних втрат короткохвильових передавачів є відстані 2000–3000 км, які відповідають однострибковому поширенню декаметрових радіохвиль [18]. Таким чином, можна припустити, що ефективна відстань між кореспондентом та ВЗ буде складати від 2000 до 3000 км. Тому:

$$L_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i\text{-ий кореспондент знах} \\ & \text{на відстані 2000 – 3000 км від } j \\ 0 & \text{– в інших випадках.} \end{cases} \quad (3)$$

2. Ознака виявлення або подавлення лінії зв'язку:

$$e_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{– можливе застосування проти} \\ & \text{засобів виявлення або подавлення} \\ 0, & \text{в іншому випадку.} \end{cases} \quad (4)$$

3. Інтегрований показник, який характеризує відстань β_{ij} та ознаку виявлення або подавлення лінії зв'язку:

$$\beta_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } L_{ij} = 0 \text{ та } e_{ij} = 1, \\ 1, & \text{якщо } L_{ij} = 0 \text{ та } e_{ij} = 0 \\ \text{або } L_{ij} = 1 \text{ та } e_{ij} = 1, \\ 2, & \text{якщо } L_{ij} = 1 \text{ та } e_{ij} = 0. \end{cases} \quad (5)$$

Ознака “зв'язаності” за β_{ij} :

$$\xi_{ij}^{\beta} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } \beta_{ij} = 0; \\ 1 & \text{– в іншому випадку.} \end{cases} \quad (6)$$

4. Категорія важливості (пріоритет): $KV_{ij} = KV_i$.

Залежно від виконання завдань кореспонденти поділяються на три категорії за важливістю (пріоритетом):

$$KV_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } KV_i = 1, \\ 2, & \text{якщо } KV_i = 2, \\ 3, & \text{якщо } KV_i = 3. \end{cases} \quad (7)$$

5. Показник відповідності режимів роботи кореспондента та ВЗ h_{ij} :

$$h_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо режим роботи} \\ & \text{підтримується на ВЗ} \\ 0 & \text{– в іншому випадку} \end{cases} \quad (8)$$

Ознака “зв'язаності” за h_{ij} :

$$\xi_{ij}^h = \begin{cases} 0, & \text{якщо } h_{ij} = 0 \\ 1, & \text{в іншому випадку.} \end{cases} \quad (9)$$

6. Характеристика успішного відпрацювання сеансів зв'язку: $\text{ПБМ}_{ij} = \text{ПБМ}_j$.

Основними показниками, які досить повною мірою характеризують бойові можливості ВЗ СРЗ, від яких залежить ефективність їх застосування, є [1]: ПБМ_1 – показник, який характеризує живучість вузла СРЗ при комплексній дії вражаючих факторів сучасної зброї; ПБМ_2 – показник, який характеризує стійкість зв'язку на вузлі СРЗ; ПБМ_3 – показник, який характеризує перешкодостійкість вузлів СРЗ в умовах високих рівнів випадкових перешкод та радіоелектронного подавлення противника; ПБМ_4 – показник, який характеризує мобільність вузлів СРЗ, тобто здатність швидко пересуватися, розгортатися (згортатися), за короткий час встановлювати та забезпечувати стійкий зв'язок; ПБМ_5 – показник, який характеризує надійність функціонування вузлів СРЗ, тобто їх здатність забезпечувати стійкий зв'язок в умовах відмов вузлових комплексів та засобів, їх здатність до відновлення та ремонту.

Оскільки для ВЗ набір ПБМ є однаковим і всі вони мають типову шкалу вимірювання, то

пропонується для формування єдиного критерію ПБМ_j використання лінійної згортки [10]:

$$\begin{aligned} \text{ПБМ}_j &= \sum_{k=1}^q (\text{ПБМ}_k \cdot w_k), \\ w_k &\geq 0, k = \overline{1, q}, \sum_{k=1}^q w_k = 1, \end{aligned} \quad (10)$$

де ПБМ_k – нормоване значення k-го ПБМ;
q – кількість ПБМ;
w_k – ваговий коефіцієнт k-го ПБМ.

Для розрахунку коефіцієнтів важливості доцільно використати метод парних порівнянь, запропонований Т. Сааті [12]. Даний метод полягає у пошуку наближених значень коефіцієнтів важливості як середньгеометричних величин кожного рядка матриці парних порівнянь. Для кожної пари ПБМ експерт оцінює перевагу одного над іншим. Парні порівняння задаються матрицею.

7. Якісна характеристика Φ_{ij}:

$$KV_i = 1, \Phi_i \geq 0.6: \quad \Phi_{ij} = \begin{cases} \Phi_j, & \text{якщо } \Phi_j \geq \Phi_i \\ 0, & \text{якщо } \Phi_j < \Phi_i \end{cases}$$

$$KV_i = 2, \Phi_i \geq 0.4: \quad \Phi_{ij} = \begin{cases} \Phi_j, & \text{якщо } \Phi_j \geq \Phi_i, \\ 0, & \text{якщо } \Phi_j < \Phi_i; \end{cases} \quad (11)$$

$$KV_i = 3: \quad \Phi_{ij} = \Phi_j.$$

На основі ξ_{ij}^β, ξ_{ij}^h для кожного кореспондента визначається підмножина можливих для роботи ВЗ: ∀_i ∈ C виділяється O_i ⊆ O. При |O_i| = 0 i-ий кореспондент виключається з подальшого розгляду. Показник KV_{ij} визначатиме пріоритет розподілу кореспондента на ВЗ.

На основі (5), (7), (10) введемо такий набір узагальнених характеристик розв'язання задачі:

- узагальнена характеристика відстані з погляду енергетичних втрат:

$$V(X) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \beta_{ij} x_{ij}; \quad (12)$$

- узагальнена характеристика успішного відпрацювання сеансів зв'язку, яка залежить від розподілу кореспондентів на ВЗ з найвищими ПБМ:

$$\Pi(X) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \text{ПБМ}_{ij} x_{ij}; \quad (13)$$

- узагальнена якісна характеристика, яка залежить від розподілу кореспондентів до ВЗ з найбільш підготовленим особовим складом:

$$\Phi(X) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \Phi_{ij} x_{ij}. \quad (14)$$

У результаті отримуємо векторну характеристику рішення X:

$$\bar{N}(X) = (V(X) \bar{I} \quad (X) \Phi(X)). \quad (15)$$

З урахуванням обмеженої кількості робочих місць на ВЗ, та особливостями роботи Кор необхідно ввести наступні обмеження:

- обмеження на кількість КОР, які можуть одночасно працювати з j-им ВЗ:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \leq g_j \quad \forall j \in O, \text{ де } g_j - \text{максимум кількості}$$

кореспондентів для j-го ВЗ;

- обмеження за розподілом кореспондентів до ВЗ (нехай кожен кореспондент може працювати

тільки з одним ВЗ): $\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq 1 \quad \forall i \in C.$

Таким чином, виходячи з (12), (13), (14) отримується наступна багатокритеріальна задача:

$$\begin{cases} \max V(X) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \beta_{ij} x_{ij}, \\ \max \Pi(X) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \text{ПБМ}_{ij} x_{ij}, \\ \max \Phi(X) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \Phi_{ij} x_{ij}, \\ \sum_{i=1}^n x_{ij} \leq g_j \quad \forall j \in O, \\ \sum_{j \in O} x_{ij} \leq 1 \quad \forall i \in C, \\ x_{ij} = 0 \cup 1, \quad \forall i = \overline{1, n}, \forall j = \overline{1, m}, \\ x_{ij} = 0, \quad \forall i = \overline{1, n}, j \in \{O \setminus O_i\} \end{cases} \quad (16)$$

Оскільки крім критеріїв та обмежень визначених у (16), необхідно врахувати важливість (пріоритет) KV_{ij} розподілу кореспондентів та

множину можливих для роботи ВЗ {O_i} (i = $\overline{1, n}$), розв'язання поставленої багатокритеріальної задачі пропонується розділити на два етапи:

Перший етап включає перехід до єдиної оцінки альтернатив для зведення задачі до однокритеріальної.

Загальна схема методу ELECTRE складається з чотирьох етапів:

1. Призначення ваг критеріїв. ОПР призначає позитивні ваги для кожного з критеріїв v₁, v₂, ..., v_z;

2. Розрахунок індексу згоди I_z. Для кожної пари альтернатив C_i та C_n для ВЗ_j множина критеріїв векторного критерію $\hat{c}_{ij} = (\beta_{ij}, KV_{ij}, h_{ij}, \text{ПБМ}_{ij}, \Phi_{ij})$ розбивається на три групи:

Q⁺ – підмножина критеріїв, за якими альтернатива C_i краща за C_n для ВЗ_j;

$Q^=$ – підмножина критеріїв, за якими альтернатива C_i рівноцінна C_n для VZ_j ;

Q^- – підмножина критеріїв, за якими альтернатива C_n краща C_i для VZ_j .

Індекс згоди з тим, що C_i краща за C_n для VZ_j розраховується як співвідношення суми вагових коефіцієнтів підмножин Q^+ та $Q^=$ до загальної суми вагових коефіцієнтів:

$$I_{\varphi} = \frac{\sum_{z \in Q^+, Q^=} v_z}{\sum_{z=1}^{\hat{c}} v_z} \quad (17)$$

3. Розрахунок індексу незгоди. Він визначається на основі врахування значень програшу альтернативи C_i до C_n . Для кожного критерію з підмножини Q^- розраховуються різниці значень критерію для альтернатив C_i та C_n . Отримане значення ділиться на довжину шкали цього критерію. Як індекси незгоди беруться найбільші відносні значення.

$$I_{nz} = \max_{z \in Q^-} \frac{(f_{ij}(C_n) - f_{ij}(C_i))}{R_{ij}}, \quad (18)$$

де $f_{ij}(C_n)$ – оцінка альтернативи C_n за ij -им критерієм з підмножини Q^- ;

$f_{ij}(C_i)$ – оцінка альтернативи C_i за ij -им критерієм з підмножини Q^- ;

R_{ij} – довжина шкали за ij -им критерієм.

З виразів отримуються властивості індексів згоди на незгоди: $0 \leq I_z \leq 1, 0 \leq I_{nz} \leq 1$.

4. Введення порогових значень та порівнювання альтернатив.

На наступному кроці задаються рівні згоди S та незгоди D (порогові значення), з якими порівнюються розраховані значення I_z та I_{nz} для кожної пари альтернатив. Якщо $I_z \geq S$ та $I_{nz} \geq D$, то альтернатива C_i оголошується кращою за C_n , тобто альтернатива C_i домінуюча. В іншому випадку альтернативи непорівнювані. Така процедура повторюється для кожної пари альтернатив. Наступним є видалення домінованих альтернатив, а залишені альтернативи утворюють ядро. При цьому альтернативи, які входять до ядра, можуть бути еквівалентними або непорівнюваними. Далі послідовно вводиться менший рівень згоди S та незгоди D (порогові значення), при яких виділяються ядра з меншою кількістю альтернатив. Процес пошуку кращих альтернатив зупиняється, коли кількість альтернатив задовольняє ОПР. В останнє ядро

входять кращі альтернативи, а послідовність ядер визначає ранжування альтернатив.

Таким чином, отримано спрощену задачу з єдиним критерієм:

$$\begin{cases} \min \tilde{C}(X) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \tilde{c}_{ij} x_{ij}, \\ \sum_{i=1}^n x_{ij} \leq g_j \quad \forall j \in O, \\ x_{ij} = 0 \cup 1, \quad \forall i = \overline{1, n}, \forall j = \overline{1, m}, \\ x_{ij} = 0, \quad \forall i = \overline{1, n}, j \in \{O \setminus O_i\}. \end{cases} \quad (19)$$

На основі $\xi_{ij}^\beta, \xi_{ij}^h$ для кожного i -го кореспондента визначається підмножина можливих для роботи ВЗ $\{O_i\}$ ($i = \overline{1, n}$).

Другим етапом є застосування алгоритму розподілу кореспондентів за максимізацією критерію \tilde{C} з урахуванням обмежень (19), підмножини можливих для роботи ВЗ $\{O_i\}$ ($i = \overline{1, n}$) та категорії важливості (пріоритету) KV_{ij} :

Крок 1. Як початковий розв'язок всі елементи булевої матриці $X = \|x_{ij}\|, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, j}$ набувають значення 0. Матриця $\tilde{C} = \|\tilde{c}_{ij}\|, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, j}$ містить розраховані інтегровані показники відповідності.

Крок 2. Для призначення i -го кореспондента обирається максимальне значення інтегрованого показника у матриці $\tilde{c}_{ij} = \max \tilde{c}_{ij}, i = i, j = \overline{1, j}$ для найбільшого значення KV_{ij} .

Крок 3. Перевіряється чи вибраний варіант підключення i -го кореспондента входить до множини O_i – можливих для роботи варіантів підключення j -го ВЗ. Якщо $\tilde{c}_{ij} \in O_j$, то здійснюється перехід до наступного кроку, в іншому разі на крок 2.

Крок 4. Кожний вибраний варіант перевіряється на виконання обмежень $\sum_{i=1}^n x_{ij} \leq g_j \quad \forall j \in O$. Якщо обмеження виконуються, то булева змінна $x_{ij} = \|x_{ij}\|, i = \overline{1, n}, j = \overline{1, j}$ набуває значення 1.

Приклад застосування методики включає 7 КОР та 3 ВЗ. Вихідні дані за кореспондентами та ВЗ подані у табл. 1 та табл. 2.

Таблиця 1

Вихідні дані щодо кореспондентів та ВЗ

	x_i	y_i	z_i	KV_i	h_i	Φ_i
C_1	-	-	-	2	2	$\Phi_i \geq 0.4$
C_2	-	-	-	3	3	$\Phi_i = \Phi_j$
C_3	-	-	-	1	2	$\Phi_i \geq 0.6$

C ₄	-	-	-	3	1	$\Phi_i = \Phi_i$
C ₅	-	-	-	2	2	$\Phi_i \geq 0.4$
C ₆	-	-	-	1	3	$\Phi_i \geq 0.6$
C ₇	-	-	-	3	4	$\Phi_i = \Phi_i$

Таблиця 2

Вихідні дані щодо ВЗ

	x _j	y _j	z _j	ПБМ _j	h _j	Φ _j	n _j
O ₁	-	-	-	0.7	1,2,3,	0.7	3
O ₂	-	-	-	0.6	1,2,4,	0.5	4
O ₃	-	-	-	0.6	1,3,4	0.3	3

Відповідно до пунктів 2-11 розрахунку векторної характеристики $\hat{c} = (\beta_{ij}, KV_{ij}, h_{ij}, ПБМ_{ij}, \Phi_{ij})$ для $\forall (i, j), i \in C, j \in O$ отримується наступні дані, які представлені в табл. 3.

Таблиця 3

Матриця векторів $\hat{c}_{ij} = (\beta_{ij}, KV_{ij}, h_{ij}, ПБМ_{ij}, \Phi_{ij})$

КОР	Вузли зв'язку		
	O ₁	O ₂	O ₃
C ₁	1,2,1,0.7, 0.7	2,2,1,0.6, 0.5	1,2,0,0.6,0
C ₂	0,3,1,0.7, 0.7	2,3,0,0.6, 0.5	1,3,1,0.6, 0.
C ₃	1,1,1,0.7, 0.7	2,1,1,0.6, 0	0,1,0,0.6,0
C ₄	1,3,1,0.7, 0.7	0,3,1,0.6, 0.5	2,3,1,0.6, 0.3
C ₅	1,2,1,0.7, 0.7	1,2,1,0.6, 0.5	1,2,0,0.6,0
C ₆	2,1,1,0.7, 0.7	2,1,0,0.6, 0	1,1,1,0.6,0
C ₇	0,3,0,0.7, 0.7	1,3,1,0.6, 0.5	1,3,1,0.6, 0.3

Далі відповідно описаного вище методу ELECTRE отримується наступні оцінки \tilde{c}_{ij} альтернатив:

Література

1. **Боговик А. В.** Эффективность систем военной связи и методы ее оценки / А. В. Боговик, В. В. Игнатов. – СПб. : ВАС, 2006. – 183 с. 2. **Ларичев О. И.** Теория и методы принятия решений, а также Хроника событий в волшебных странах : учеб. для вузов / О. И. Ларичев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Логос, 2008. - 391 с. 3. **Лотов А. В.** Многокритериальные задачи принятия решений : учеб. пособ. / А. В. Лотов, И. И. Поспелова. – М. : МАКС Пресс, 2008. – 197 с. 4. **Черноморов Г.А.** Теория принятия решений : учеб. пособ. / Г.А. Черноморов Новочеркасск : ред. журн. "Изв. вузов. Электромеханика", 2002. – 276 с. 5. **Фишберн П.** Теория полезности для принятия решений / П. Фишберн. – М. : Наука, 1978. – 352 с. 6. **Подinovский В. В.** Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / В. В. Подinovский, В. Д. Ногин. – М. : Наука, 1982. – 254 с. 7. **Ротштейн А. П.** Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети / А. П. Ротштейн. - Винница : УНИВЕРСУМ, 1999. – 320 с. 8. **Салуквадзе М. Е.** Задачи векторной оптимизации в теории управления / М. Е. Салуквадзе. – Тбилиси : Мецниереба, 1975. – 201

для O₁ – C₁ = 3, C₂ = 5, C₃ = 2, C₄ = 4, C₅ = 3, C₆ = 1, C₇ = 6 ;
 для O₂ – C₁ = 1, C₂ = 5, C₃ = 2, C₄ = 6, C₅ = 3, C₆ = 2, C₇ = 4 ;
 для O₃ – C₁ = 5, C₂ = 2, C₃ = 6, C₄ = 1, C₅ = 4, C₆ = 3, C₇ = 2 .

На основі $\xi_{ij}^\beta, \xi_{ij}^h$ для кожного КОР визначається підмножина можливих для роботи ВЗ:

$$\{O_i\} (i = \overline{1, n}) : O_1 = \{1,2\}, O_2 = \{3\}, O_3 = \{1,2\}, O_4 = \{1,3\}, O_4 = \{1,3\}, O_5 = \{1,2\}, O_6 = \{1,3\}, O_7 = \{2,3\}.$$

Варіант підключення кореспондентів до ВЗ за вказаним вище прикладом після застосування алгоритму матиме такий вигляд:

$$C_1 \Leftrightarrow O_2, C_2 \Leftrightarrow O_3, C_3 \Leftrightarrow O_1, C_4 \Leftrightarrow O_1, C_5 \Leftrightarrow O_1, C_6 \Leftrightarrow O_1, O_7 \Leftrightarrow O_3.$$

Висновки й перспективи подальших досліджень

Відповідно до поставленої мети в статті обгрунтовано та формалізовано опис характеристик впливу на розподіл кореспондентів між ВЗ. Для розв'язання поставленої задачі в даній статті запропоновано використання методу ELECTRE, завдяки чому ОПР має можливість поетапно, враховуючи свої переваги, провести оцінювання альтернатив. Новизною удосконаленої методики розподілу кореспондентів між ВЗ є врахування бойових можливостей ВЗ: живучість, стійкість, перешкодостійкість, мобільність, надійність та якісний показник, що покращить якість зв'язку в складних умовах радіоелектронної обстановки.

с. 9. **Гришук Р. В.** Теоретичні основи моделювання процесів нападу на інформацію за методами диференціальних ігор та диференціальних перетворень : Монографія / Р. В. Гришук. – Житомир : Рута, 2010 – 280 с. 10. **Воронін А. М.** Інформаційні системи прийняття рішень : навч. посібник / А. М. Воронін, Ю. К. Зіатдінов, А. С. Климова. – К. : Вид-во НАУ – "НАУ-друку", 2009. – 136 с. 11. **Кини Р.** Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Р. Кини, Х. Райфа. – М. : 1981. – 560 с. 12. **Саати Т.** Принятие решений. Метод анализа иерархий / Т. Саати. – М., 1993. – 320 с. 13. **Нейман Дж.** Теория игр и экономическое поведение / Дж. Нейман, О. Моргенштерн. - М. : Наука, 1970. – 707 с. 14. **Черноруцкий И. Г.** Методы принятия решений / И. Г. Черноруцкий. – СПб., 2005. – 416 с. 15. **Катренко А. В.** Теорія прийняття рішень / А. В. Катренко, В. В. Пасічник, В. П. Пасько ; під заг. ред. М. З. Згуровського. – К., 2009. – 448 с. 16. **Рух Б.** Классификация и выбор при наличии нескольких критериев / Р. Буа // Вопросы анализа и процедуры принятия решений – М., 1976. - С. 80–108.

17. Коноплева Е. Н. О расчете надежности радиосвязи на коротких волнах / Е. Н. Коноплева // Электросвязь. – 1967. – № 11. – С. 36–38.

МЕТОДИКА РАССПРЕДЕЛЕНИЯ КОРРЕСПОНДЕНТОВ МЕЖДУ УЗЛАМИ СВЯЗИ В СИСТЕМЕ РАДИОСВЯЗИ

Виктор Вячеславович Кориненко

Житомирский военный институт имени С. П. Королёва, Житомир, Украина

В статье представлено формализованное описание задачи распределения корреспондентов между узлами связи в системе радиосвязи с учетом характерных особенностей, подлежащих учету в процессе информационной обработки исходных данных и боевых возможностей. Предложена методика решения поставленной многокритериальной задачи на основе подхода, который заключается в переходе к единой оценке альтернатив с помощью метода ELECTRE (ELECTRE – Elimination Et Choix Traduisant la Realite – исключение и выбор, отражая реальность) и применения алгоритма распределения корреспондентов по максимизации полученного критерия, с учетом ограничений, подмножества возможных для работы узлов связи и категории важности (приоритета) корреспондентов.

Ключевые слова: принятие решений; многокритериальность; система радиосвязи.

THE CORRESPONDENTS DISTRIBUTION METHOD BETWEEN NODES IN THE RADIO COMMUNICATION SYSTEM

Viktor V. Korinenko

Zhytomyr Military Institute named after S. P. Koroljov, Zhytomyr, Ukraine

In this article the formalized description of the task of correspondents' distribution between communication centers in the system of radio communication in consideration of particularities which must be considered in information processing outputting data and combat possibilities. Method for solving multi criteria task based on the approach of transition to one estimate with the help of method ELECTRE (ELECTRE – Elimination Et Choix Traduisant la Realite – exclusion and selection reflect to reality) and using algorithm of correspondent distribution of obtained criteria maximization with consideration of restrictions, subsets probable for communication centers and category of correspondents' priority. Example of proposed method implementation is shown.

Keywords: decision-making; multicriteriality; radio communication system.

References

1. Bogovik A.V., Ignatov V.V. (2006), The effectiveness of military communications systems and methods of evolution. [Effektivnost' system voennoy svyazi i metody ee otsenki], VAC, St. Petersburg, 183 p.
2. Larichev O.I. (2008), Theory and methods of decision making. [Teoriya i metody prinyatiya resheniy], Moscow, Logos, 391 p.
3. Lotov A.V., Pospelova I.I. (2008), Multicriterion decision making problems. [Mnogokriterial'nye zadachi prinyatiya resheniy], MAK Press, Moscow, 197 p.
4. Chernomorov G.A. (2002), Theory of decision making. [Teoriya prinyatiya resheniy], Novocheboksarsk, 276 p.
5. Fishbern P. (1978), Utility theory for decision making. [Teoriya poleznosti dlya prinyatiya resheniy], Moscow, 352 p.
6. Podinovskiy V.V., Nogin V. D. (1982), Pareto optimal solutions multi criteria problems. [Pareto-optimal'nye resheniya mnogokriterial'nykh zadach], Moscow, 254 p.
7. Rotshteyn A.P. (1999), Intelligent identification technology; fuzzy logic, genetic algorithms, neural networks. [Intelektual'nye tehnologii identifikatsii; nechetkaya logika, geneticheskie algoritmy, neyronnye seti], Vinnitsa, 320 p.
8. Salukvadze M.E. (1975), Vector optimization problems in control theory [Zadachi vektornoy optimizatsii v teorii upravleniya], Mecniereba, 201 p.
9. Ghryshuk R.V. (2010) Theoretical basis protsess modelling of attacks on information methods for differential games and differential transformation. [Teoreticheskiye osnovy modelirovaniya procesov napada na informatsiyu za metodamy dyferentsial'nykh ihor ta dyferentsial'nykh peretvoren'], Ruta, Zhytomyr, 280 p.
10. Voronin A.M., Ziatdinov Y.K., Klimova A.S., (2009), Information systems decision making. [Informatsiyni suystemy prinyatiya rishen'], NAU, Kiev, 136 p.
11. Kini R., Rayfa H. (1981), Multicriterion decision making; preferences and substituted. [Prinyatiya resheniy pri mogikh kriterijah: predpochteniya i zameshenniya], Moscow, 590 p.
12. Saaty T. (1993), Decision making: Analytic Hierarchy protsess. [Prinyatiya resheniy: metod analiza ierarhiy], Moscow, 320 p.
13. J. von Neumann., Morgenshtern O. (1970), Theory of games and economic behavior. [Teoriya igr i ekonomicheskoe povedenie], Moscow, 707 p.
14. Chernorutskiy I.G. (2005), Methods decision making. [Metody prinyatiya resheniy], St. Petersburg, 416 p.
15. Katrenko A.V. (2009), Theory decision making. [Teoriya prinyatiya resheniy], Kiev, 448 p.
16. Roy B. (1976), Classification and selection in the presence of multi-criteria. [Klassifikatsiya s vyborom pri nalichii neskol'kih kriteriev], Voprosy analiza i protsedury prinyatiya resheniy, Moscow, pp. 80–108.
17. Konopleva E.H. (1967), Calculating the reability of the decameter wave radio. [O rasschete nadezhnosti radiozvyazi na korotkikh volnah], Electrosvyaz', N. 11, pp. 36–38.

Отримано: 11.10.2015 року