

УДК 621.396.4

О. Я. СОВА, канд. техн. наук;

П. В. ЖУК, канд. техн. наук,

Державний університет телекомунікацій, Київ;

Д. А. МІНОЧКІН, канд. техн. наук, НТУУ «КПІ»;

В. М. ОШУРКО,

Державний університет телекомунікацій, Київ

## МЕТОДИКА КОРИГУВАННЯ НЕЧІТКИХ РІШЕНЬ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ВУЗЛІВ МОБІЛЬНИХ РАДІОМЕРЕЖ КЛАСУ MANET

**Запропоновано методику коригування нечітких рішень, ухвалених інтелектуальними системами управління вузлів мобільних радіомереж класу MANET, яка уможливує перевірку скоординованості нечітких рішень, ухвалюваних вузлом-координатором та підлеглими вузлами, і в разі зміни системної цільової функції коригувати ці рішення в процесі оперативного управління мобільною радіомережею.**

**Ключові слова:** інтелектуальна система управління; цільова функція; мобільна радіомережа; коригування нечітких рішень.

### Актуальність

Радіомережі класу MANET (*Mobile Ad-Hoc Network*) [1], або мобільні радіомережі (МР), являють собою сукупність мобільних вузлів, здатних самоорганізуватися в радіомережу навіть за відсутності заздалегідь розгорнутої мережної інфраструктури. Саме тому як головні сфери застосування МР можна розглядати, наприклад, організацію зв'язку під час стихійного лиха, коли стаціонарну мережу зруйновано; організацію зв'язку на місцевостях, де побудова стаціонарної мережі неможлива чи економічно недоцільна; у ході бойових дій, особливо в тактичній ланці управління.

Функціонування МР неможливе, якщо немає здатної ухвалювати рішення за умов невизначеності та неповноти інформації про стан МР [2] системи управління (СУ) мобільною радіомережею. Проблеми обробки та використання знань як ефективного засобу аналізу погано формалізованих задач за апріорної неповноти та нечіткості вихідних даних були й залишаються головним предметом вивчення в теорії штучного інтелекту. Тому автори запропонували інтелектуалізувати процес управління вузловими та мережними ресурсами з використанням технологій обробки та зберігання знань [3].

Наведена в [4] схема інтелектуальної системи управління (ІСУ) МР — це сукупність таких, що взаємодіють між собою, ІСУ окремих вузлів. Головна архітектурна особливість таких ІСУ полягає в наявності бази знань, що включає в себе інформацію про принципи побудови вузлової ІСУ та її вузлові й мережні цільові функції (ЦФ) [5].

Зауважимо, що ЦФ ІСУ вузла визначаються його апаратними характеристиками, вимогами до передавання того чи іншого типу трафіку (дані, мова чи відео), а також ситуацією, яка склалася в МР. Вочевидь, у різні моменти функціонування

МР цільові функції вузлових ІСУ можуть суперечити одна одній, а тому їх необхідно координувати в процесі оперативного управління МР.

У [6] запропоновано метод координації ЦФ вузлових ІСУ з використанням нечіткої логіки. Суть його така: як характеристики ухвалюваних рішень щодо управління вузловими чи мережними ресурсами запропоновано використовувати функції їх належності до підмножини ефективних, припустимих і скоординованих рішень. Головна складність ухвалення рішень у процесі оперативного управління МР полягає в тому, що, з одного боку, рішення вузлової ІСУ залежать від цілей, які задає вузол-координатор [4; 6], а з другого боку — рішення вузла-координатора залежать від рішень, ухвалюваних підлеглими вузлами. Через це постає потреба в розробці методів і методик коригування рішень, ухвалюваних вузловими ІСУ різного рівня.

**Мета цієї статті** — розробка методики коригування нечітких рішень ІСУ вузлами МР класу MANET. **Об'єктом дослідження** є ухвалення рішення ІСУ з управління вузловими та мережними ресурсами. **Предметом дослідження** є метод координації ЦФ ІСУ вузлами тактичних мобільних радіомереж [6].

### Вихідні дані методики

Нехай задано деяку МР, що функціонує за децентралізованим принципом, який передбачає рівноправність усіх вузлів у процесі ухвалення рішень. Для реалізації функцій координатора ЦФ вузлових ІСУ в МР вибирається головний вузол зони (чи мобільна базова станція), виділений з-поміж інших за певною ознакою (апаратні характеристики, місцезнаходження в топології радіомережі, кількість сусідів тощо). Координація ЦФ відбувається відповідно до методу, наведеного в [6].

Схему ІСУ МР подамо у вигляді вузлових ІСУ двох рівнів, які взаємодіють між собою (рис. 1). Упровадимо такі позначення:  $L = 2$  — загальна кількість рівнів ІСУ МР;  $N_l$  — загальна кількість мобільних вузлів на  $l$ -му рівні  $l \in [1; L]$  (для нашого прикладу  $N_2 \geq 2$ );  $N_1 = 1$  — на 1-му рівні маємо лише вузол-координатор, тобто головний вузол зони (мобільна базова станція);  $n_{li}$  —  $i$ -й вузол  $l$ -го рівня.

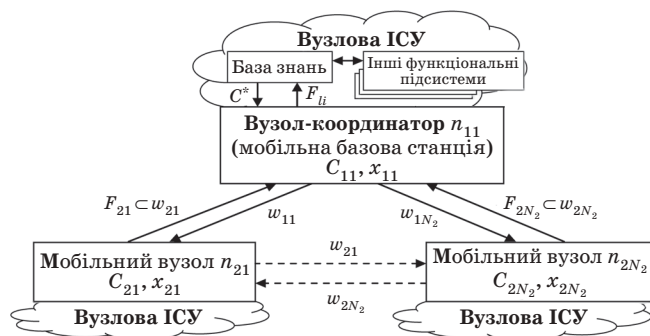


Рис. 1. Схеми взаємодії вузлів у дворівневій системі управління МР

Ухвалення рішень з управління вузловими та мережними ресурсами полягає у виборі вузловими ІСУ тих чи інших параметрів або режимів функціонування мобільного вузла (табл. 1), які забезпечили б досягнення користувальницьких (вузлових) цільових функцій

$$C_{li}(w_{li}, x_{li}) \rightarrow \text{opt},$$

котрі, у свою чергу, мають задовольняти системну ЦФ

$$C_{11}^* = \{C_{11}(w_1, F_1); \tilde{N}_{21}(w_{21}, F_{21}), \dots, \tilde{N}_{2N_2}(w_{2N_2}, F_{2N_2})\}_{w_i \in \Omega} \rightarrow \text{opt}, \quad (1)$$

де  $w_1 = \{w_{1i}\}$ ,  $i \in [1; N_2]$  — вектор рішень, ухвалюваних вузлом-координатором (мобільною базовою станцією) щодо підлеглих вузлів 2-го рівня;  $w_{2i}$ ,  $i \in [1; N_2]$  — рішення, ухвалені  $i$ -м вузлом 2-го рівня;  $x_{11}$  і  $x_{2i}$  — множина параметрів, що характеризують відповідно стан вузла-координатора та

стан  $i$ -го вузла 2-го рівня;  $F_1$  та  $F_{2i}$ ,  $i \in [1; N_2]$  — вектори показників стану відповідно вузла-координатора та вузлів 2-го рівня.

Зауважимо, що згідно з виразом (1) системна ЦФ  $C_{11}^*$  формується з урахуванням ЦФ як підлеглих вузлів  $N_{2N_2}$  2-го рівня, так і ЦФ вузла-координатора  $C_{11}$ . Проте у процесі оперативного управління вузловими та мережними ресурсами вузол-координатор використовує не власну, а системну ЦФ.

Як уже зазначалося, згідно із запропонованим у [6] методом координації ЦФ вузлових ІСУ на базі нечіткої логіки як характеристику ухвалених рішень  $w_{li}$  беруть функцію їх належності до підмножини ефективних, допустимих та скоординованих рішень  $\mu_D(w_{li})$ . Областю визначення такої функції належності є множина всіх рішень  $W = \{w_{li}\}$ , згенерованих вузлами МР.

Характеристика допустимості ухваленого рішення визначається ступенем його належності множині обмежень на ресурси та вимогами  $\Omega$  до якості обслуговування трафіку і задається нечіткою підмножиною  $\Omega \subset W$  із функцією належності  $\mu_\Omega(w_{li})$ . Ефективність ухваленого рішення визначається нечіткою цільовою функцією  $C$ , яка задається нечіткою підмножиною  $C \subset W$  з функцією належності  $\mu_C(w_{li})$ . Скоординованість рішень характеризується ступенем їх належності до множини скоординованих рішень (режимів чи параметрів)  $K$  і задається нечіткою множиною  $K \subset W$  із функцією належності  $\mu_K(w_{li})$ .

Результуючий вплив нечіткої цільової функції, нечітких обмежень та нечіткої координації на вибір рішення вузлом  $n_{li}$  можна подати як переріз нечітких множин  $C \cap \Omega \cap K$ , функція належності якого набирає вигляду [7; 8]:

$$\mu_{C \cap \Omega \cap K}(w_{li}) = \mu_C(w_{li}) \wedge \mu_\Omega(w_{li}) \wedge \mu_K(w_{li}) = \min\{\mu_C(w_{li}), \mu_\Omega(w_{li}), \mu_K(w_{li})\}; w_{li} \in W.$$

Тоді нечітку підмножину  $D = C \cap \Omega \cap K$  називатимемо **нечітким рішенням** вузла  $n_{li}$ , причому

$$\mu_D(w_{li}) = \mu_{C \cap \Omega \cap K}(w_{li}). \quad (2)$$

Таблиця 1

Взаємозв'язок між критеріями вузлових ЦФ та управляючими рішеннями ІСУ

Критерій $C_{li}$ вузлової ЦФ	Управляючі рішення ( $W = \{w_{li}\}$ )
Максимум (виконання обмеження) пропускної здатності	Мінімізація взаємних завад при передаванні інформації. Мінімізація обсягів службового трафіку. Побудова незалежних маршрутів передавання
Мінімум (виконання обмеження) часу доставляння пакетів	Оптимізація топології зони мережі. Побудова незалежних маршрутів передавання. Побудова найкоротшого маршруту (маршрутів) заданої якості
Мінімум (виконання обмеження) потужності передавання	Використання режиму «сон». Використання спрямованих антен. Побудова найкоротших маршрутів. Оптимізація топології зони мережі
Максимум (виконання обмеження) часу функціонування вузла (мережі)	Використання енергозберігальних методів маршрутизації інформації. Використання режиму «сон». Мінімізація використання енергії батарей

Скоординоване рішення вузла-координатора можна подати через рішення підлеглих вузлів другого рівня [6; 7]

$$\mu_K(w_1) = \mu_D \left( \sum_{i=1}^{N_2} w_{2i} \right) = \max_{\{w_{2i}\}} [\mu_D(w_{21}) \otimes \dots \otimes \mu_D(w_{2N_2})]. \quad (3)$$

У разі, якщо скоординовані нечіткі рішення вузла-координатора та підлеглих вузлів не дозволяють оптимізувати наведену системну цільову функцію або сама цільова функція зазнала змін у процесі оперативного управління вузловими й мережними ресурсами МР, то постає необхідність коригування нечітких рішень, ухвалених вузловими ІСУ.

**Етапи методики коригування нечітких рішень, ухвалених вузловими ІСУ**

Схематично процес взаємодії підлеглих вузлів із вузлом-координатором можна унаочнити, як це показано на рис. 2. У процесі передавання інформації нечіткі рішення з управління вузловими та мережними ресурсами, ухвалювані вузловими ІСУ, подаються у вигляді функцій належності  $\mu_D(w_{li})$  [6] і мають входити в підмножину  $D \subset W$ , утворювану в результаті перерізу підмножин  $\Omega \subset W$  та  $C \subset W$ , інформація про які міститься в базі знань кожного вузла і залежить від його апаратних характеристик та ситуації в МР чи її зоні (рис. 2, б).

Вузлу-координатору надсилаються вектори показників стану підлеглих йому вузлів  $F_{2i}$ ,  $i \in [1; N_2]$  (апаратні характеристики, залишкова ємність батарей, розміри вхідної та вихідних черг тощо) (див. рис. 2, а). При цьому слід зазначити, що вектори  $F_{11}$  і  $F_{2i}$  — це підмножини відповідних множин рішень, ухвалюваних вузлом-координатором  $w_1 = \{w_{1i}\}$ ,  $i \in [1; N_2]$  та вузлами 2-го рівня  $w_{2i}$ ,  $i \in [1; N_2]$ . Щоб зменшити службовий трафік, який циркулює в МР, вектори  $F_{11}$  та  $F_{2i}$  будують так, аби вони містили тільки основні параметри, на основі яких ІСУ вузла-координатора оцінюватиме стан МР (чи інформаційного напрямку). Якщо кількість елементів (параметрів) у множині  $w_{li}$  не дуже велика, то  $F_{li} = w_{li}$ .

На основі здобутих векторів  $F_{2i}$ , а також власного вектора стану  $F_{11}$  вузол-координатор уточнює поточну систему ЦФ  $\mu_{C_{11}}^*(w_{li})$ . Після цього формується підмножина скоординованих рішень  $K \subset W$  (рис. 2, з), яка через значення системної ЦФ враховує стан МР у даний момент часу. Якщо ситуація в МР не змінилася і підмножина  $K \subset W$  є та сама, що й у попередній ітерації, то всі рішення, ухвалені підлеглими вузлами, які відповідають умові (2), вважаються скоординованими між собою. Проте в разі, коли зміна системної ЦФ призвела до зміни підмножини  $K \subset W$ , а ухвалені рішення вже не відповідають умові (2), постає необхідність у їх коригуванні, про що вузол-координатор повідомляє

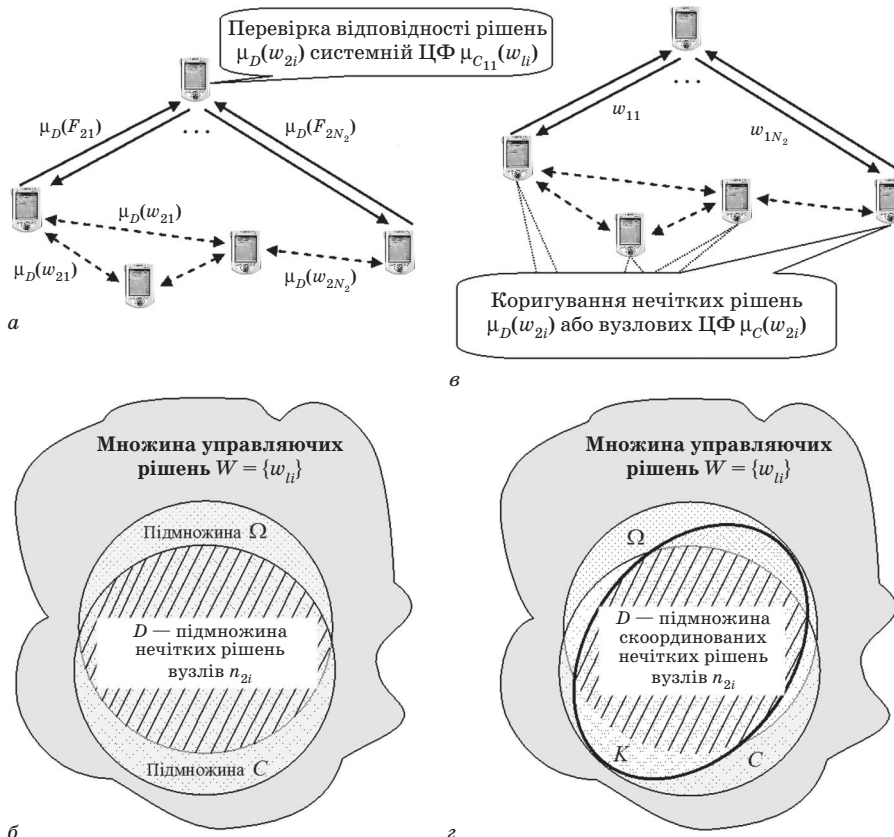


Рис. 2. Схема взаємодії вузлів у дворівневій системі управління МР та місце підмножини нечітких рішень підлеглих вузлів у множині управляючих рішень

підлеглим вузлам 2-го рівня, розсилаючи чіткі координуючі сигнали  $w_{1i}$ ,  $i \in [1; N_2]$  (рис. 2, в).

Коригування нечітких рішень  $\mu_D(w_{1i})$  пропонується здійснювати за алгоритмом (рис. 3), який передбачає виконання розглянутих далі етапів.

**1. Перевірка скоординованості рішень, ухвалюваних ІСУ вузлів.** Використання функції належності для подання управляючих рішень вузлової ІСУ передбачає відшукання такого управляючого рішення (вибір параметрів чи режиму функціонування вузла МР)  $w_{1i}^i$ , для якого функція належності  $\mu_D(w_{1i}^i)$  набуває максимального значення. Відповідно, задача має розв'язок, якщо існує таке управляюче рішення  $w_{1i}^i$ , для якого  $\mu_D(w_{1i}^i) \neq 0$ , тобто

$$(\exists w_{1i})(\mu_D(w_{1i}^i) \neq 0). \quad (4)$$

Згідно з виразом (3) [6; 7] управляючі рішення, ухвалювані підлеглими вузлами 2-го рівня, описуються функціями належності  $\mu_D(w_{2i}^i)$ ,  $i = \overline{1, N_2}$ , а рішення вузла-координатора щодо їх координації — функцією належності  $\mu_K(w_{1i})$ . Звідси випливає, що управляючі рішення підлеглих вузлів можуть бути скоординовані між собою (внутрішньорівнева координація), а також із рішеннями (ЦФ)

вузла-координатора (міжрівнева координація) [9]. Наведемо умови скоординованості рішень для обох випадків.

**Умова 1.** Рішення, ухвалювані підлеглими вузлами, скоординовані між собою в момент часу  $t$  тоді і тільки тоді, коли справджується таке твердження:

$$(\forall i)(\exists w_{2i})(\exists w_{1i})[\mu_D(w_{2i}) \neq 0 \wedge \mu_K(w_{1i}) \neq 0]. \quad (5)$$

Вираз (5) означає, що для того, аби вузол-координатор ухвалив координуюче рішення  $\mu_K(w_{1i})$  щодо підлеглих вузлів 2-го рівня, йому необхідно отримати інформацію від підлеглих вузлів про їхній стан та можливі режими роботи  $\mu_D(w_{2i})$  (рис. 3).

Якщо нечітка цільова функція  $\mu_K(w_{1i})$  є максимумний чи мультиплікативний критерій, то вираз (5) можна записати у вигляді [7]:

$$(\exists w_{1i})[\mu_K(w_{1i}) \neq 0]. \quad (6)$$

Це означає, що в термінах теорії нечітких множин взаємна скоординованість управляючих рішень вимагає наявності хоча б одного координуючого рішення  $w_{1i}$  з боку вузла-координатора ( $\mu_K(w_{1i}) \neq 0$ ), а також хоча б по одному рішенню для кожного з підлеглих вузлів 2-го рівня, причому таких, які відповідали б координуючому рішенню  $w_{1i}$ .

**Умова 2.** Як впливає з виразів (1) і (2), нечіткі рішення кожного вузла різних рівнів ІСУ враховують ЦФ цих вузлів. Тому рішення, ухвалювані елементами 2-го рівня, будуть скоординовані відносно системної цілі  $C_{11}^*$  вузла-координатора в момент часу  $t$ , якщо справджується таке твердження:

$$(\forall i)(\exists w_{2i})(\exists w_{1i})[\mu_D(w_{2i}) \neq 0 \wedge \mu_D(w_{1i}) \neq 0 \wedge \mu_K(w_{1i}) \neq 0]. \quad (7)$$

Це означає, що в процесі ухвалення управляючих рішень досягнення системної цілі підлеглими вузлами неможливе без отримання координуючого сигналу від вузла-координатора  $\mu_K(w_{1i}) \neq 0$ . Оскільки  $\mu_D(w_{1i})$  є максимумний критерій, то вираз (7) можна переписати у вигляді

$$(\exists w_{1i})[\mu_D(w_{1i}) \neq 0]. \quad (8)$$

Згідно з виразами (6) і (8) доходимо висновку: для успішної роботи дворівневої ІСУ мобільною радіомережею необхідно, аби цілі (рішення) її підсистем були скоординовані між собою та системною ЦФ  $C_{11}^*$ . Вузлові ІСУ вважатимуться **безумовно скоординованими**, якщо управляючі впливи з боку вузла-координатора, які

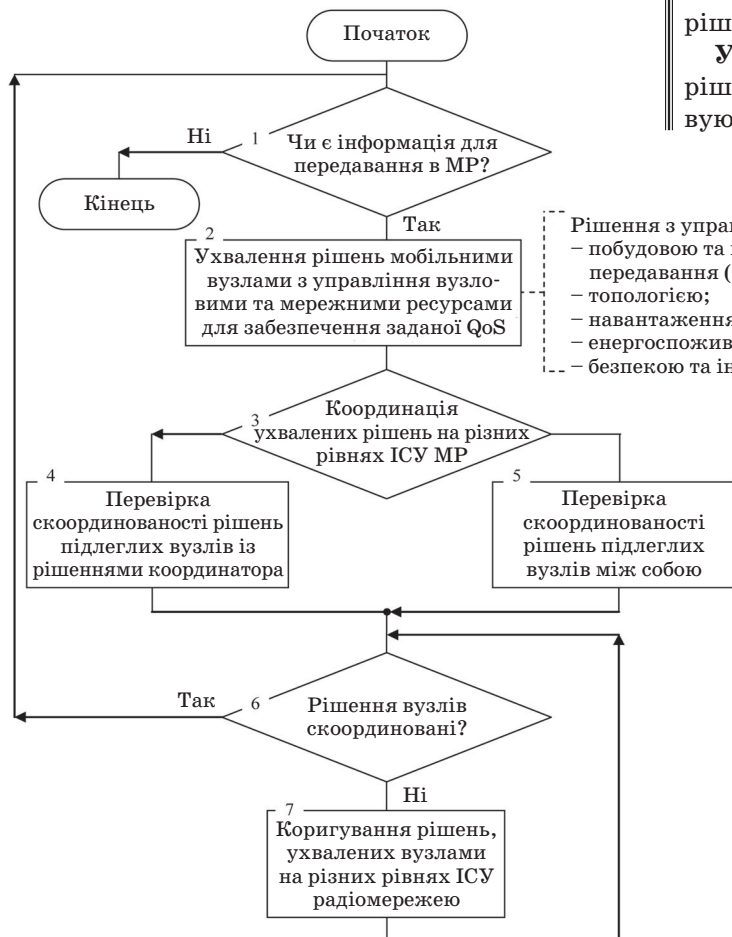


Рис. 3. Схема алгоритму коригування нечітких рішень, ухвалених вузловими ІСУ

максимізують системну ЦФ, водночас максимізують і локальні функції належності підлеглих вузлів 2-го рівня. Ступінь ідеально скоординованих ІСУ дорівнює одиниці, але при координації реальних вузлових ІСУ будуть спостерігатися деякі втрати. Обчислити їх можна як різницю між функціями належності рішень, ухвалюваних вузловою ІСУ у складі ІСУ мобільної радіомережі, і рішень, ухвалюваних вузловою ІСУ автономно.

**2. Коригування нечітких рішень вузлових ІСУ.** Задачу коригування нечітких рішень (функцій належності) можна записати в наведеному далі вигляді. Нехай рішення з управління вузловими чи мережними ресурсами, ухвалювані  $i$ -ю вузловою ІСУ, задаються нечіткою множиною  $D_i$  на множині рішень  $Y$ . Тоді скоординоване рішення  $D$  можна подати як переріз рішень кожного з вузлів, які беруть участь у передаванні інформації  $D = D_1 \cap D_2 \cap \dots \cap D_i$ . Для кожного нечіткого рішення  $D_i$  задано функції належності  $\mu_i(y)$ , які можуть бути скориговані після відшукування системного рішення  $D$ .

Припустимо, що існує деяке системне рішення

$$\mu_s(y) = \mu_1(y) \wedge \mu_2(y),$$

здобуте в результаті координації нечітких рішень  $\mu_1(y)$  та  $\mu_2(y)$ , ухвалених ІСУ вузлів 1 і 2. Вихідні нечіткі параметри (рішення) для ІСУ вузла 1 задано функціями  $\mu_j(w_j)$ ,  $j = \overline{1, J}$ , для яких визначено, що

$$\mu_1(y) = \max_U \{ \mu_1(w_1) \wedge \mu_2(w_2) \wedge \dots \wedge \mu_j(w_j) \};$$

$$U = \{ (w_1, w_2, \dots, w_j) | y = w_1 \circ w_2 \dots w_j \}.$$

Тут  $\circ$  — деяка арифметична операція, що залежить від фізичного змісту управляючих впливів вузлової ІСУ.

Необхідно дістати скориговані функції  $\mu_{k_j}(w_j)$ ,  $j = \overline{1, J}$ , для яких виконується умова

$$\mu_s(y) = \max_U \{ \mu_{k_1}(w_1) \wedge \mu_{k_2}(w_2) \wedge \dots \wedge \mu_{k_j}(w_j) \};$$

$$U = \{ (w_1, w_2, \dots, w_j) | y = w_1 \circ w_2 \dots w_j \}.$$

Розглянемо процедуру коригування лише для випадку, коли кількість нечітких параметрів (рішень) деякої вузлової ІСУ дорівнює двом ( $j = 2$ ). Адже для  $j > 2$  процес коригування зводиться до послідовного застосування цієї процедури [7]. Складається вона з трьох етапів.

**Етап 1.** Нехай

$$\mu(y) = \max_U \{ \mu_1(w_1) \wedge \mu_2(w_2) \};$$

$$U = \{ (w_1, w_2) | y = f(w_1, w_2) \}; \quad (9)$$

$$\mu_s(y) = \mu(y) \wedge \mu^*(y),$$

де  $\mu^*(y)$  — коригуюча функція, роль якої може відігравати функція переваги центра [7; 8].

Тоді з урахуванням (9) для довільно фіксованого  $y^0$  знаходимо розв'язки  $w_1^0$  і  $w_2^0$  із системи рівнянь

$$\mu_1(w_1) = \mu_2(w_2),$$

$$y^0 = f(w_1, w_2).$$

**Етап 2.** Вважатимемо, що

$$\mu_1^*(w_1^0) = \mu^*(y^0),$$

$$\mu_2^*(w_2^0) = \mu^*(y^0).$$

Тоді справджується рівність

$$\mu^*(y) = \max_U \{ \mu_1^*(w_1) \wedge \mu_2^*(w_2) \},$$

$$U = \{ (w_1, w_2) | y = f(w_1, w_2) \}.$$

**Етап 3.** Позначимо

$$\mu_{k_1}(w_1) = \mu_1(w_1) \wedge \mu_1^*(w_1),$$

$$\mu_{k_2}(w_2) = \mu_2(w_2) \wedge \mu_2^*(w_2). \quad (10)$$

Тоді

$$\mu_s(y) = \max_U \{ \mu_{k_1}(w_1) \wedge \mu_{k_2}(w_2) \}, \quad (11)$$

$$U = \{ (w_1, w_2) | y = f(w_1, w_2) \}.$$

Вираз (11) дозволяє подати системне рішення  $\mu_s(y)$  через рішення окремих вузлових ІСУ, які було скориговано в процесі оперативного управління МР  $\mu_{k_j}(w_j)$ ,  $j = \overline{1, J}$ . Це дає змогу підлеглим вузлам 2-го рівня вибрати такі параметри функціонування та режими роботи, які найбільше відповідають ситуації, що склалася в МР, з урахуванням системної ЦФ, визначеної вузлом-координатором.

### Висновки

Уперше запропоновано методику коригування нечітких рішень ІСУ вузлів тактичних МР, яка дає змогу враховувати зміни цільових функцій вузлових ІСУ в процесі оперативного управління МР і здійснювати коригування функцій належності управляючих рішень, ухвалюваних підлеглими вузлами 2-го рівня. На першому етапі методики здійснюється перевірка скоординованості ухвалюваних рішень, а на другому етапі в разі потреби здійснюється коригування нечітких рішень.

У ході подальших досліджень буде розроблено методику побудови нечітких баз знань для ухвалення рішень з управління вузловими та мережними ресурсами в процесі оперативного управління вузлами тактичних МР.

### Література

1. *Elmasry, G. F. Tactical wireless communication and networks: design concepts and challenges / George F. Elmasry.* — UK: John Wiley and Sons Ltd, 2012. — 328 p.

2. *Романюк, В. А. Архітектура системи оперативного управління тактичними радіомережами / В. А. Романюк: зб. наук. праць ВІТІ НТУУ «КПІ».* — 2009. — № 3. — С. 70–76.

3. *Intellectual Mobile Ad Hoc Networks / [P. Zhuk, V. Romanyuk, O. Sova, S. Bunin] // In Proc. of International Conference Modern Problems of Radio*

*Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET 2012), Lviv, 2012.—P. 238.*

4. Романюк, В. А. Концепция иерархического построения интеллектуальных систем управления тактическими радиосетями класса MANET: сб. тезисов докладов и выступлений участников XXII Междунар. Крымск. конф. [«СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии»], (Кры-МиКо) / В.А. Романюк, О. Я. Сова, П. В. Жук, А. В. Романюк.— Севастополь, 2012.— С. 265.

5. Романюк, В. А. Цільові функції оперативного управління тактичними радіомережами / В. А. Романюк: зб. наук. праць ВІТІ НТУУ «КПІ».— 2012.— № 1.— С. 109–117.

6. Метод координації цільових функцій інтелектуальних систем управління вузлами тактичних мобільних радіомереж / [О. Я. Сова,

В. А. Романюк, П. В. Жук, В. М. Ошурко] // *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони.*— 2014.— № 3(21).— С. 214–223.

7. Алтунин, А. Е. Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: монография / А. Е. Алтунин, М. В. Семухин.— Тюмень: Изд-во Тюмен. гос. ун-та, 2000.— 352 с.

8. Заде, Л. А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л.А. Заде.— М.: Мир, 1976.— 165 с.

9. Координація взаємодії інтелектуальних систем управління вузлів радіомереж класу MANET: доповіді та тези доповідей виступів учасників VIII міжнар. конф. «Проблеми телекомунікацій» / [В. А. Романюк., О. Я. Сова, Я. А. Стемпковська, О. А. Симоненко].— К.: ІТС НТУУ «КПІ», 2014.— С. 151–153.

О. Я. Сова, П. В. Жук, Д. А. Миночкин, В. Н. Ошурко

#### МЕТОДИКА КОРРЕКТИРОВКИ НЕЧЕТКИХ РЕШЕНИЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ УЗЛОВ МОБИЛЬНЫХ РАДИОСЕТЕЙ КЛАССА MANET

Предложена методика корректировки нечетких решений, принятых интеллектуальными системами управления узлов мобильных радиосетей класса MANET, позволяющая осуществить проверку скоординированности нечетких решений, принимаемых узлом-координатором и подчиненными узлами, и в случае изменения системной целевой функции корректировать эти решения в процессе оперативного управления мобильной радиосетью.

**Ключевые слова:** интеллектуальная система управления; целевая функция; мобильная радиосеть; корректировка нечетких решений.

O. Sova, P. Zhuk, D. Minochkin, V. Oshurko

#### METHOD OF MAKING ADJUSTMENTS OF FUZZY DECISIONS OF INTELLIGENT CONTROL SYSTEMS OF MOBILE RADIO NETWORK IN THE MANET

The paper was proposed a method of making adjustments of fuzzy decisions of intelligent control systems of mobile radio networks. The method allows to verify the fuzzy decisions coordination taken by the coordinator node and the slave nodes. In the system goal function was changed, the method allow would to correct there solutions during operational management of the mobile radio network.

**Keywords:** intelligent control system; the goal function; the mobile radio network; fuzzy solutions correction.