

*Володимир Анатолійович Шуренок (канд. техн. наук, доцент, начальник кафедри)*

*Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова Державного університету телекомунікацій, Житомир*

## МЕТОДИКА КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ГРУПОВИХ ОБ'ЄКТІВ РАДІОМОНІТОРИНГУ ЗА КРИТЕРІЄМ НЕПРОТИРІЧЧЯ

*У статті розроблена методика та досліджено використання алгоритмів нечіткого кластерного аналізу за критерієм непротириччя для забезпечення функціональної стійкості багаторівневого ієрархічного інформаційного процесу на етапі класифікації групових об'єктів радіомоніторингу. Зроблений висновок щодо необхідності застосування надлишковості у системі радіомоніторингу для забезпечення функціональної стійкості інформаційного процесу.*

**Ключові слова:** класифікація, кластерний аналіз, теорія нечітких множин, функціональна стійкість процесу.

### Постановка проблеми

Необхідність забезпечення безперервності ведення інформаційного процесу (ІП) у системі радіомоніторингу (РМ) з певними показниками якості потребує визначення його характеристик у часі та управління ним на кожному його етапі та рівні системи РМ в умовах апріорної невизначеності інформації та нештатних ситуацій, які неможливо точно передбачити [1–3]. Це у свою чергу зумовлює пошук нових напрямків підвищення ефективності управління ІП на основі використання різних видів надмірності системи: функціональної, структурної, програмної.

Управління ІП на етапі класифікації об'єктів радіомоніторингу (ОРМ) – багатокритерійна задача, розв'язання якої ускладнюється необхідністю врахування групових уподобань осіб, що беруть участь у процесі прийняття рішень на всіх його рівнях [4, 5].

За таких умов найбільш складним етапом ІП стає класифікація ОРМ, яка потребує пошуку нових методів обробки інформації.

### Огляд останніх досліджень та публікацій

Основною метою управління ІП на цьому етапі є забезпечення виконання завдання класифікації ОРМ упродовж заданого часового інтервалу в різних умовах обстановки, навіть з погіршеними показниками якості [6]. Таким чином, при управлінні ІП виникає протиріччя між вимогами до повноти та якості виконання завдання класифікації в різних умовах обстановки і браком інформації, сил та засобів, які його здійснюють.

При цьому перспективним напрямком дослідження [7, 8] багатокритерійної нечіткої оптимізації управління багаторівневим ІП на етапі класифікації в умовах відсутності початкової вибірки залишається застосування алгоритмів нечіткої кластеризації [7, 9].

Урахування невизначеності, динамічності обстановки та парирування наслідків нештатних ситуацій (НС) (у разі відмов, пошкоджень) на кожному його етапі для забезпечення безперервності виконання завдань хоча б з мінімально допустимими показниками якості реалізується шляхом уведення та використання різних видів надлишковості.

Відповідно до такого підходу формулювання завдання функціональної стійкості (ФС) управління ІП у багаторівневій ієрархічній системі РМ у математичній формі на основі [1, 8, 10, 11] здійснено таким чином.

Основною метою управління ІП у системі РМ є знаходження на кожному її рівні  $i$ , де  $i = \overline{1, N}$ , вектора рішень  $x_i^0(t)$ , які забезпечують максимум системного вектора цільових функцій (ЦФ)  $F(x_1^0, \dots, x_N^0)$  при координаційному завданні  $x_{N+1}^0(t)$  вищого  $(N+1)$ -рівня. Управління ІП здійснюється на кожному його етапі дискретно в моменти часу  $t = \overline{1, T}$ . Менша частина рішень носить характер керівних дій, а більша лише координує роботу підсистем на різних етапах процесу. Призначення ЦФ можна розглядати як засіб координації, проте в цій задачі передбачається, що вони вже вибрані.

Знайдені рішення щодо управління ІП для певного рівня системи  $\{x_i^0\}_{i=\overline{1, N}}$  повинні належати підмножині прийнятих результатів розв'язання задачі  $S \subset X$ , тобто бути узгодженими з допустимими показниками якості (функціонально стійкими).

### Виклад основного матеріалу

Математична модель ФС управління ІП є сукупністю математичних співвідношень, що відображають ієрархічний процес знаходження оптимальної послідовності рішень у багаторівневій ієрархічній системі, яка наведена в [8] і реалізується відповідно до виразу

$$\mu_K \left( \sum_{j=1}^M x_{ij} \right) = \max_{\{x_{ij}\}} [\mu_D(x_{i1}) \otimes \dots \otimes \mu_D(x_{iM})]. \quad (1)$$

Розв'язання буде найбільш ефективним у разі, коли на кожному  $j$ -му етапі, на  $i$ -му рівні прийматимуться оптимальні рішення (коли функція належності (ФН) набуває максимального значення).

Відповідно до методологічних основ забезпечення ФС [7, 9] основними напрямками реалізації управління в системі РМ є розробка відповідних методик застосування різних видів

надмірності системи на етапах ІІІ. У даній статті розглядається лише його етап класифікації ОРМ.

Із публікацій [12–14], присвячених класифікації ОРМ, визначено, що дані щодо групового ОРМ добуваються через його джерела радіовипромінювання (ДРВп) різними видами технічних засобів РМ, які забезпечують ІІІ на певному рівні системи, характеризуються низькою лінійною точністю і фактично визначають координати району ймовірного перебування радіотехнічних систем, що забезпечують діяльність військ.

За таких умов та за відсутності апріорної вибірки за функціонуванням групового ОРМ управління ІІІ на етапі його класифікації існуючими методами здійснити досить важко. Одним із відомих підходів до розв'язання такого типу задач є використання алгоритмів нечіткої кластеризації, які дозволяють класифікувати груповий ОРМ з відповідним ступенем належності  $\mu$  до певного кластера [9, 12], визначити складні об'єкти, які входять у груповий ОРМ, і відповідно їх кластеризувати. Алгоритми нечіткої кластеризації передбачають, що складні ОРМ можуть бути віднесені до всіх кластерів з певною належністю. Ступінь належності ДРВп до певного кластера визначається відстанню від них до відповідних кластерних центрів. Центри кластерів складних ОРМ і, відповідно, ступені належності до них за характеристиками вхідних даних обчислюються ітераційно.

Підвищення ФС ІІІ системи РМ на етапі класифікації складних об'єктів очікується за рахунок:

використання функціональної надлишковості в системі РМ для забезпечення його безперервності шляхом обробки даних від різних видів технічних засобів, що залучаються на різних рівнях системи при заданих показниках якості;

застосування програмної надлишковості та інструментарію теорії нечітких множин для прийняття рішень щодо рівнів системи в нечітких умовах для класифікації ОРМ.

Основним показником ефективності ведення ІІІ на етапі класифікації ОРМ у системі РМ вважається очікувана кількість класифікованих ОРМ з необхідною вірогідністю за заданий час [13].

Зокрема, як показник ефективності використовується коефіцієнт класифікації ОРМ  $\Psi$ . Вважається, що параметри, за якими здійснюється класифікація ОРМ, визначаються з певними ймовірностями, тому коефіцієнт класифікації подають як

$$\Psi = \frac{N \cdot P(N)}{N_0} \text{ або } = \sum_{\varepsilon=1}^{N_0} P_{\varepsilon} / N_0, \quad (2)$$

де  $N$  – кількість класифікованих ОРМ;

$N_0$  – загальна кількість ОРМ;

$P(N)$  – ймовірність класифікації ОРМ.

Відомий підхід до оцінювання ефективності ІІІ на етапі класифікації групового ОРМ [3, 10], з огляду на його використання для управління ІІІ на цьому етапі щодо інформації від різних видів

технічних засобів РМ, передбачає розрахунок кількості класифікованих ОРМ, ймовірність їх класифікації, а також знання загальної їх кількості.

Зрозуміло, що через невизначеність обстановки щодо кількості класифікованих ДРВп, які належать складному ОРМ, точність встановлення їх координат, оперативно-тактичні нормативи розміщення ОРМ від ДРВп, що їх обслуговують, та нечіткі умови вибору місця розташування ОРМ на місцевості його застосування досить обмежене для управління ІІІ на етапі класифікації ОРМ.

Відповідно до запропонованого підходу [1, 8] (1) до управління багаторівневим ІІІ на етапі класифікації групового ОРМ у системі РМ висувається вимога, яку можна описати виразом

$$\mu_{ij} \geq \mu_{ij}^{\min} | t_{\text{кл}} < t_{\text{зад}}, \quad (3)$$

де  $\mu_{ij}$  – ФН, що характеризує процес управління на етапі класифікації ОРМ;

$t_{\text{кл}}$ ;  $t_{\text{зад}}$  – час на проведення та заданий час на класифікацію ОРМ.

Оскільки класифікація ОРМ проводиться за даними, що добуваються різними видами технічних засобів РМ, то (3) доцільно подати як

$$\mu_{ij} = \mu_{ij1} \wedge \mu_{ij2} \wedge \dots \wedge \mu_{ij\lambda}, \quad (4)$$

де  $\lambda$  – загальна кількість видів технічних засобів РМ, інформація від яких використовується для класифікації ОРМ.

Умова (3) необхідна, але не достатня для забезпечення ФС ІІІ на етапі класифікації ОРМ. Можливий такий стан системи РМ, за якого виконання умови (3) відповідатиме вимогам до ІІІ щодо класифікації ОРМ, але лише до появи НС, оскільки не буде можливості парирувати її наслідки. Тобто система РМ буде працездатною, але не ФС. Показник, що враховуватиме виконання завдання в різних умовах обстановки на етапі класифікації, можна подати таким чином:

$$\mu_{\text{ФС}ij} = \mu_{ij} \wedge \mu_{\text{пар}ij}. \quad (5)$$

Для кількісного оцінювання ефективності ведення ІІІ на етапі класифікації в умовах НС необхідними ще є показники, які характеризують здатність їх парирувати і визначаються наявністю керованої надмірності.

Згідно з [8] ФН парирування наслідків НС визначається як

$$\mu_{\text{пар}ij} = \mu_{ij\text{над}} \wedge \mu_{ij\text{упр}}, \quad (6)$$

де  $\mu_{ij\text{над}}$ ,  $\mu_{ij\text{упр}}$  – ФН, що характеризують надмірність та можливість управління надмірністю на етапі класифікації ОРМ.

Для забезпечення цього показника ФС ІІІ системи РМ на етапі класифікації ОРМ висувається вимога

$$\mu_{ij\text{пар}} > \mu_{ij\text{пар}}^{\min}, \quad (7)$$

де  $\mu_{ij\text{пар}}^{\min}$  – мінімально допустиме значення ймовірності парирування наслідків НС на етапі класифікації ОРМ.

Критерієм управління на етапі класифікації ОРМ в умовах НС є виконання нерівності

$$\forall \Theta \in Q^{\Theta}, \mu_{ij\text{ФС}} > \mu_{ij\text{ФС}}^{\text{зад}}, \quad (8)$$

де  $\mu_{ij}^{\text{зад}}_{\text{ФС}}$  – ФН, що характеризує межу ФС ІІ на етапі класифікації ОРМ;

$\Theta$  – вектор показників стану ІІ на етапі класифікації ОРМ;

$Q^{\Theta}$  – область ФС ІІ на етапі класифікації ОРМ.

Для забезпечення (1) та вимог (3) пропонується застосувати метод нечіткої кластеризації даних на основі принципу самоорганізації [15, 16]. Тоді задачу управління ІІ на етапі класифікації ОРМ можна в умовах відсутності апріорної інформації звести до задачі кластеризації та сформулювати таким чином. Нехай отримана кінцева множина ДРВП  $A = \{a_1, \dots, a_n\}$  за результатами пошукової роботи за груповим ОРМ, де  $n$  – загальна кількість ДРВП, що визначає множину ознак  $P = \{p_1, \dots, p_q\}$ , за якими проводиться класифікація,  $q$  – загальна кількість ознак. Для кожного ДРВП визначені ознаки. Таким чином, кожному з елементів  $a_r \in A$  поставлено у відповідність деякий вектор  $p_r = \{p_{r1}^r, p_{r2}^r, \dots, p_{rq}^r\}$ , де  $p_{rq}^r$  – значення ознак (кількісні або якісні характеристики),  $p_r \in P$  – для ДРВП,  $a_r \in A$ .

Інформація про якісні значення ознак надходить від спеціалістів-експертів і не є результатом об'єктивних спостережень на відміну від кількісної інформації, отриманої в результаті обробки даних від різних засобів РМ. Кількісні ознаки мають дійсні значення і вважаються більш пріоритетними для забезпечення ФС ІІ на етапі кластеризації.

Вектори значень ознак ДРВП подаються у вигляді матриці даних  $G$  розмірності  $n \times q$ , кожний рядок якої дорівнює значенню вектора  $p_r$ .

На основі даних  $G$  необхідно в результаті

кластеризації визначити таке нечітке розбиття  $R(A) = \{A_k / A_k \subseteq A\}$  множини  $A$  на задану кількість  $K$  нечітких кластерів  $A_k$ ,  $k \in \{2, \dots, K\}$ , яке забезпечує екстремум деякої ЦФ  $f(R(A))$  серед усіх можливих його варіантів.

Однак основною проблемою кластеризації є низька достовірність при використанні алгоритмів нечіткого кластерного аналізу через неправильне визначення кількості кластерів у груповому ОРМ.

Для розв'язання задачі управління ІІ застосовано алгоритм самоорганізації на основі критерію непротиріччя для визначення максимуму ФН (1) на цьому етапі, виконання вимоги (3) забезпечення ФС ІІ і уточнення результатів кластеризації при збільшенні обсягів даних вхідної вибірки.

Основою для кластеризації є чинні оперативно-тактичні нормативи розміщення різних складних ОРМ, які входять до групового ОРМ та ДРВП, що їх обслуговують і визначають межі нечітких інтервалів ознак.

Приклад ознак та діапазони значень, що можуть використовуватись при кластеризації групових ОРМ провідних іноземних армій, наведено в табл. 1 [17].

Відповідно до вибраного алгоритму [18] та усунення недоліків щодо визначення кількості кластерів запропоновано методику управління ІІ на етапі кластеризації за кількісними показниками, яка включає такі етапи:

1-й етап – нормування отриманих значень ознак (перехід від дійсних значень  $p$  до нормованих  $z$ ) [19] за виразом

$$z = \frac{(p - \bar{p})}{p_{\max} - p_{\min}}, \quad (9)$$

де  $\bar{p}$  – середнє відхилення  $p$ ;

$p_{\max}, p_{\min}$  – найбільше і найменше значення  $p$ .

Таблиця 1

Ознаки, межі нечітких інтервалів ознак кластеризації групового ОР

p <sub>1</sub> (дальність зв'язку в бойових порядках)				
	Наступ		Оборона	
	По фронту, х, км	У глибину, у, км	По фронту, х, км	У глибину, у, км
Армійський корпус	80–150	80–100	100–200	120–150
Дивізія	40–70	25–30	100	30–60
Бригада	20–30	10–15	35–45	10–20
Батальйон (дивізіон)	6–12	5	7–12	5–6
Рота (батерея)	2,5–6	1,5–2,5	3–6	2–2,5
p <sub>2</sub> (дальність від лінії зіткнення, кордону)				
	Наступ		Оборона	
	Відстань, км		Відстань, км	
Армійський корпус	120		200	
Дивізія	70		120	
Бригада	40		70	
Батальйон (дивізіон)	15		40	
Рота (батерея)	3		15	

Матриця належності відстаней між парами ДРВП

a	a <sub>1</sub>	a <sub>2</sub>	a <sub>3</sub>	a <sub>4</sub>	a <sub>5</sub>	a <sub>6</sub>	a <sub>7</sub>	a <sub>8</sub>	a <sub>9</sub>	...	a <sub>n</sub>
a <sub>1</sub>	0	1,491	4,773	1,333	6,128	4,807	3,682	4,955	5,000	...	a <sub>n1</sub>
a <sub>2</sub>		0	3,350	1,491	4,643	3,333	3,162	4,014	4,534	...	a <sub>n2</sub>
a <sub>3</sub>			0	4,679	1,667	1,795	5,088	4,738	6,146	...	a <sub>n3</sub>
a <sub>4</sub>				0	5,754	4,216	2,357	3,727	3,667	...	a <sub>n4</sub>
a <sub>5</sub>					0	1,700	5,497	4,631	6,263	...	a <sub>n5</sub>
a <sub>6</sub>						0	3,801	3,073	4,631	...	a <sub>n6</sub>
a <sub>7</sub>							0	1,667	1,374	...	a <sub>n7</sub>
a <sub>8</sub>								0	1,700	...	a <sub>n8</sub>
a <sub>9</sub>									0	...	a <sub>n9</sub>
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
a <sub>n</sub>	a <sub>n1</sub>	a <sub>n2</sub>	a <sub>n3</sub>	a <sub>n4</sub>	a <sub>n5</sub>	a <sub>n6</sub>	a <sub>n7</sub>	a <sub>n8</sub>	a <sub>n9</sub>	...	a <sub>nn</sub>

На 2 етапі визначається матриця належності (близькості)  $W$ , елементами якої є "відстані" (міри схожості ознак) між парами ДРВП. Для розрахунку міри належності застосовано метрику "квадрат евклідової відстані" як найбільш прийнятну до розрахунку географічних відстаней [13] між ДРВП, яка обчислюється за виразом

$$l_{rv} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (p_{rk} - p_{vk})^2}, \quad (10)$$

де  $r = \overline{1, n}$  – окреме ДРВП з вектором ознак ( $q$ );

$v = \overline{(r+1), n}$  – наступне ДРВП, між яким та  $r$ -м здійснюється розрахунок відстані.

Розраховуючи відстані між ДРВП за ознаками для нормованих вхідних даних, отримуємо масив "відстаней"  $W$  (табл. 2).

3-й етап – побудова диполів (пар близько розташованих ДРВП) для досягнення однозначного вибору непротиворічної кластеризації за кількістю кластерів (складних об'єктів РМ). Останні знаходяться на двох підвбірках даних, на яких необхідний їх збіг, тобто здійснюється розділення вибірки  $A$  на підвбірки  $B \cap C$ .

Правило утворення диполів викладено в [16, 19]: за матрицею належності відстаней між парами ДРВП  $W(a_r, a_v)$  будуються диполі. Побудова продовжується поки всі ДРВП не ввійдуть до множин  $B$  і  $C$ , при цьому протилежні вершини (ДРВП) належать до різних множин (табл. 3).

4-й етап – обчислення масивів відстаней між ДРВП для підвбірок  $B$  (табл. 4) і  $C$  (табл. 5).

На 5-му етапі за масивами будуються дерева підбору гіпотез про кількість кластерів (рис. 1) у груповому ОРМ.

6-й етап – підбір кількості кластерів за критерієм непротиворіччя, який передбачає собою відношення результатів двох алгоритмів на двох випадкових підвбірках ( $B$  і  $C$ ) однієї вибірки  $A$ , однакової або майже однакової довжини. Він розраховується за такою формулою:

$$CY_{BC} = \frac{k - \Delta k}{k} \rightarrow \min, \quad (11)$$

де  $k$  – кількість кластерів, визначена на підвбірках  $B$  і  $C$  множини ДРВП (відмінних між собою і тих, які збігаються);

$\Delta k$  – кількість кластерів, які збігаються.

З рис. 1 випливає, що  $CY_{BC} = 0$  при  $k_B = k_C = 3$ , що визначає непротиворічну кластеризацію групового ОРМ на три складові.

Кількість кластерів, для яких  $CY_{BC} = 0$ , визначає правильне прийняття рішення щодо управління ІП на етапі класифікації.

7-й етап – регуляризація. Як вказано в [19], критерію може бути властива неоднозначність, його мінімум може вказувати як на оптимальну, так і на деякі хибні моделі. Для усунення цього недоліку проводиться додаткова перевірка, яка розділяє множину ДРВП на підмножини  $D$  і  $E$ .

Формування підмножин  $D$  і  $E$  здійснюється за правилом [19]: для диполів, які мають непарні номери, ДРВП, що належать  $B$ , відносяться до  $D$ ,  $C$  – відповідно до  $E$ , а для парних номерів – навпаки. Далі здійснюється підбір кількості кластерів (табл. 6) за сумарним критерієм непротиворіччя [19] за виразом

$$CY_{\Sigma} = \frac{1}{2} (CY_{BC} + CY_{DE}) \rightarrow \min. \quad (12)$$

Далі робота алгоритму кластеризації ідентична як для підвбірок  $B$  і  $C$  (6-й етап). На основі результатів 7-го етапу за допомогою диполів визначають належність кожного ДРВП до певного кластера (табл. 7).

Апробацію методики управління ІП на етапі класифікації РМ здійснено в середовищі Matlab [14, 20] на основі даних РМ, отриманих під час проведення оперативного заходу в певному районі.

Відповідно до запропонованої методики на першому етапі відбувається нормування вихідних даних, вибирається передбачуваний груповий ОРМ для кластеризації. Згідно з ознаками та діапазоном їх значень (табл. 1) задаються межі або середнє значення для різних типів підрозділів, які можуть входити в груповий ОРМ.



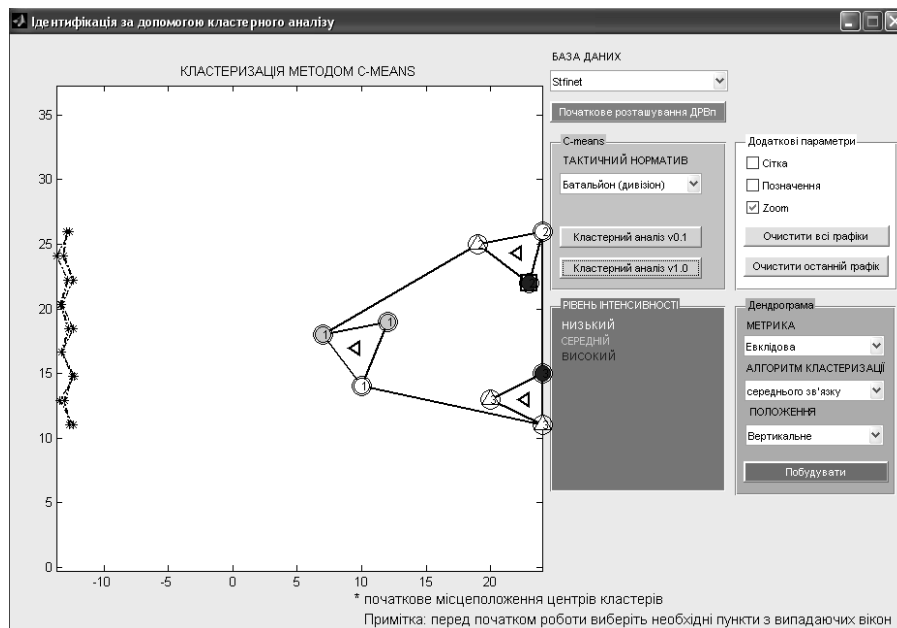


Рис. 2. Результати розпізнавання групового ОРМ за допомогою алгоритмів нечіткого кластерного аналізу

За ознаками (наприклад, дальність зв'язку) для етапів (2–7) отримано показники кластеризації. У результаті проведення кластеризації групового ОРМ за дальністю зв'язку виявлено один відповідний підрозділ з координатами центру (23; 22) (позначена квадратом). Межею цього підрозділу є обвідна лінія. Числа та умовні позначення виду зв'язку кожного ДРВП мають інформативний характер: номер підрозділу, до якого належить ДРВП; вид зв'язку (кругле позначення – засоби УКХ, трикутне – КХ зв'язку) відповідно.

Для класифікації групового ОРМ проведено подальшу кластеризацію і вибрано тактичні нормативи для підрозділу нижчого рівня у визначеному ОРМ.

На основі запропонованої методики розраховано належність кожного ДРВП до певного кластера (рис. 2). Відповідно до вихідних даних у груповому ОРМ визначено 3 складні ОРМ або нечіткі кластери (координати центрів позначено

трикутником).

## Висновки

У статті розроблено методику класифікації групових ОРМ на основі нечітких алгоритмів кластерного аналізу та критерію непротиріччя, досліджено концептуальні основи застосування надлишковості в системі РМ для забезпечення ФС ІІ на етапі класифікації групового ОРМ шляхом комплексного застосування алгоритмів нечіткого кластерного аналізу даних різних видів технічних засобів та рівнів системи при класифікації групових ОРМ. Запропонований підхід забезпечує кластеризацію групових ОРМ в умовах швидкої зміни РЕО, відсутності апріорних даних та невизначеності обстановки. На основі проведених розрахунків можна стверджувати, що використання алгоритмів нечіткої кластеризації з використанням критерію непротиріччя для визначення кількості кластерів на етапі класифікації ОРМ забезпечує ФС ІІ в умовах невизначеності.

## Література

**1. Орловский С. А.** Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации / С. А. Орловский. – М. : Наука, 1981. – 208 с. **2. Алтуниин А. Е.** Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях : монография / А. Е. Алтуниин, М. В. Семухин. Тюмень : Издательство Тюменского государственного университета, 2000. – 352 с. **3. Смирнов Ю. А.** Основы структурно-системного метода обработки данных : учеб. пособ. / Ю. А. Смирнов, Г. Н. Аксенов. – К. : КВИРТУ ПВО, 1979. – 200 с. **4. Брахман Т. Р.** Многокритериальность и выбор альтернатив в технике / Т. Р. Брахман. – М. : Радио и связь, 1984. – 88 с. **5. Сложные технические и эргатические системы: методы исследования :** монография / А. Н. Воронин, Ю. К. Зиятдинов, А. В. Харченко, В. В. Остафьевский. – Х. : Факт, 1997. – 240 с. **6. Воронин А. Н.** Многокритериальные решения: модели и методы : монография / А. Н. Воронин, Ю. К. Зиятдинов, М. В. Куклинский. – К. : НАУ, 2011. – 348 с. **7. Машков О. А.** Топологичні критерії та показники функціональної стійкості складних ієрархічних систем /

О. А. Машков, О. В. Барабаш // Збірник наукових праць. – К. : АН України, 2003. – Вип. 25. – С. 29–35. **8. Шуренок В. А.** Застосування теорій нечітких множин та функціональної стійкості до управління багаторівневим ієрархічним інформаційним процесом / В. А. Шуренок // Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем : зб. наук. праць. – Житомир : ЖВІ НАУ, 2012. – Вип. 6. – С. 40–47. **9. Машков В. А.** Обеспечение функциональной устойчивости сложных иерархических систем / В. А. Машков, О. А. Машков // Тези доповідей І Української конференції з автоматичного управління. – К. : АН України, 1994. – Ч. І. – С. 205. **10. Смирнов Ю. А.** Радиотехническая разведка / Ю. А. Смирнов – М. : Воениздат, 2001. – 456 с. **11. Zadeh L. A.** Fuzzy Algorithms / L. A. Zadeh // Inform. a. Control. – 1965. – Vol. 12. – № 2. – P. 94–102. **12. Мандаль І. Д.** Кластерний аналіз / І. Д. Мандаль. – М. : Статистика, 1988. – С. 296. **13. Журавлев Ю. И.** Распознавание. Математические методы. Программная система / Ю. И. Журавлев, В. В. Рязанов, О. В. Сенько – М. :

- Фазис, 2006. – С. 318. **14. Ротштейн А. П.** Интеллектуальные технологии идентификации. Нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети / А. П. Ротштейн. – Вінниця : «УНІВЕРСУМ – Вінниця», 1999. – 304 с.
- 15. Ивахненко А. Г.** Непрерывность и дискретность / А. Г. Ивахненко. – К. : Наукова думка, 1990. – 224 с.
- 16. Ивахненко А. Г.** Объективная кластеризация на основе теории самоорганизации моделей / А. Г. Ивахненко // Автоматика. – 1987. – № 5. – С. 6–15.
- 17. Посібник** по вивченню іноземних армій / Харків : ХВУ, 1999. – 110 с. **18. Интеллектуальні системи** підтримки прийняття рішень: Теорія, синтез, ефективність / В. О. Тарасов, Б. М. Герасимов, І. О. Левін, В. О. Корнійчук. – К. : МАКНС, 2007. – 336 с. **19. Ивахненко А. Г.** Непараметрические прогнозирующие модули МГУА. Часть 2. Индикативные системы переборного моделирования, кластеризация распознавания образов / А. Г. Ивахненко, Н. А. Ивахненко // Автоматика. – 1989. – № 2. – С. 3–12.
- 20. Леоненко О. В.** Нечеткое моделирование в среде Matlab и fuzzy ТЕСН. Секреты мастерства / О. В. Леоненко. – СПб. : БХВ – Петербург, 2002. – С. 736.

## МЕТОДИКА КЛАСТЕРИЗАЦИИ ГРУППОВЫХ ОБЪЕКТОВ РАДИОМОНИТОРИНГА ПО КРИТЕРИЮ НЕПРОТИВОРЕЧИЯ

*Владимир Анатолієвич Шуренко (канд. техн. наук, доцент, начальник кафедри)*

*Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова Державного університету телекомунікацій, Житомир*

*В статье разработана методика и исследовано использование алгоритмов нечеткого кластерного анализа по критерию непротиворечия для обеспечения функциональной стойкости многоуровневого иерархического информационного процесса на этапе классификации групповых объектов радиомониторинга. Сделан вывод о целесообразности применения избыточности в системе радиомониторинга для обеспечения функциональной стойкости информационного процесса.*

**Ключевые слова:** классификация, кластерный анализ, теория нечетких множеств, функциональная стойкость процесса.

## THE GROUP RADIOMONITORING OBJECTS CLUSTERING TECHNIQUE BY NON-CONTRADICTION CRITERIA

*Volodymyr Shurenok (Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Chief of a Department)*

*Zhytomyr Military Institute named after S. P. Korolyov of State University of Telecommunications, Zhytomyr*

*In presented article the method of radiomonitoring group objects clustering by non-contradiction criteria was evaluated. Investigated the use of algorithms of fuzzy cluster analysis by non-contradiction criteria. This is necessary to ensure the functional stability of multilevel hierarchical information classification process at radio monitoring group objects. The study was conducted using the data obtained from different types of hardware and system levels. The proposed approach allows using different types of attributes for classification: quantitative, obtained from the application of radio monitoring technical means and quality estimates, obtained from experts engaged in processing and with the experience in analytical work. Its special feature is the lack of the need to specify the number of clusters in radio monitoring facilities as a priori information for the use of known fuzzy clustering algorithms.*

*Approbation of the developed technique of information process management was conducted in Matlab media, based on radiomonitoring data, obtained during the operational activities in a particular area.*

*Based on the calculations, described above, it is concluded that the use of fuzzy clustering algorithms with the non-contradiction criteria for determination of the number of clusters on the stage of radiomonitoring objects classification provides the functional resistance of the information process under uncertainty.*

**Key words:** classification, cluster analysis, fuzzy set theory, functional stability of the process.