

Валерій Володимирович Кузнецов (кандидат військових наук)

Олексій Васильович Повещенко

Ігор Святославович Оксенчук

Віктор Павлович Ніколаєнко

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ, Україна

УДОСКОНАЛЕНА МЕТОДИКА РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ ІНФОРМАЦІЇ ЗА ВАЖЛИВІСТЮ І КІЛЬКІСТЮ ДЖЕРЕЛ РАДІОМОНІТОРИНГУ В АСУ ВІЙСЬКАМИ ТА ЗБРОЄЮ

При проектуванні автоматизованих систем управління військами та зброєю важлива роль відводиться формі та об'єму інформації, що передається. Інформація в контур управління надходить від датчиків, що складають систему моніторингу, і ведуть безперервне спостереження за джерелами та об'єктами моніторингу.

Система управління та зв'язку групового об'єкту радіомоніторингу являє собою складну ієрархічну структуру. Кількість джерел, які функціонують в інтересах забезпечення системи управління перевищує кількість наявних сил та засобів, що здійснюють радіомоніторинг. Виникає невідповідність при розпізнаванні об'єктів та джерел радіомоніторингу: час ідентифікації об'єкту спостереження, кількість ознак. Тому необхідно розв'язати багатокритеріальну оптимізаційну задачу для ідентифікації режиму функціонування джерел радіомоніторингу для гарантованого визначення стану системи управління та зв'язку групового об'єкту радіомоніторингу, яка полягає у виборі тих джерел корисність яких найбільша.

Запропонована методика раціонального розподілу інформації в АСУ військами та зброєю, за рахунок відбору найбільш важливих джерел радіомоніторингу і раціоналізації кількості градацій об'єктів радіомоніторингу для забезпечення заданої ймовірності правильного розпізнавання та гарантованого визначення їх стану.

Ключові слова: автоматизована система управління; розпізнавання; ідентифікація; джерела та об'єкти; радіомоніторинг; розподіл інформації.

Вступ

Постановка проблеми. Розпізнавання – основа інформаційної технології, що являє собою перетворення вхідної інформації (деякі показники, параметри, ознаки образів, об'єктів) у вихідну, представлену висновком про те, до якого класу відноситься розпізнаваний образ [1].

Сутність процесу розпізнавання в системі радіомоніторингу полягає у викритті об'єктів радіомоніторингу (оперативних ситуацій, образів) за працюючими джерелами радіомоніторингу та представленні інформації в контур управління про стан, наміри, задуми і можливості. Об'єкти, що розпізнаються визначаються ознаками [1].

З [1, 2] відомо, що зі збільшенням кількості ознак, які характеризують об'єкт збільшуються час необхідний для його ідентифікації та інші затрати, в першу чергу апаратні, в наслідок чого знижується оперативність процесу розпізнавання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз існуючих методик визначення важливості джерел радіомоніторингу (ДРМ) для спостереження показав, що в цілому вони дозволяють здійснювати необхідний вибір але мають наступні недоліки [3-6]:

відсутність аналітичної моделі визначення важливості різних видів ДРМ;

врахування лише одного або невеликої частини об'єктивних факторів, що впливають на процес

вибору ДРМ для спостереження;

використання методик лише в умовах повної визначеності апріорної інформації щодо ДРМ та режимів їх функціонування;

залежність визначення важливості ДРМ від суб'єктивного досвіду та професійної підготовки особи, яка приймає рішення (необхідність врахування емпіричного коефіцієнту важливості);

неможливість динамічної зміни обраних ДРМ при зміні умов обстановки.

Мета статті. З метою усунення викладених недоліків в [7, 8], запропоновано удосконалення методики раціонального розподілу інформації за важливістю і кількістю джерел радіомоніторингу в АСУ військами та зброєю.

Виклад основного матеріалу дослідження

Нехай ідентифікація станів об'єкту моніторингу (ОМ) здійснюється через систему управління та зв'язку (СУЗ). Позначимо множиною можливих станів СУЗ X , де $x_1, x_2, \dots, x_n \in X$ – можливі стани які може приймати об'єкт. Зазначимо, що з погляду питання, яке розглядається, розуміння стану ОМ та режим функціонування СУЗ ОМ збігаються.

СУЗ визначається множиною розвідувальних ознак Y , де $y_1, y_2, \dots, y_m \in Y$ – викриті

розвідувальні ознаки.

Отже необхідно обґрунтувати необхідну кількість ознак для гарантованої ідентифікації стану СУЗ.

Якість виконання плану радіомоніторингу має набір певних показників, що задаються. Показники планування якості радіомоніторингу: повнота охоплення спостереженням ОМ, витрати технічного ресурсу навантаження постів радіомоніторингу, ймовірність відстеження стану та характеру діяльності групового ОМ.

Необхідно максимізувати якість розподілу та обробки інформації при заданих вимогах до достовірності.

Обмеження, вплив метричних критеріїв є рівноцінним, тобто (немає залежності від метричних критеріїв).

Алгоритм раціонального розподілу інформації за важливістю і кількістю джерел радіомоніторингу в АСУ військами та зброєю на рисунку 1.

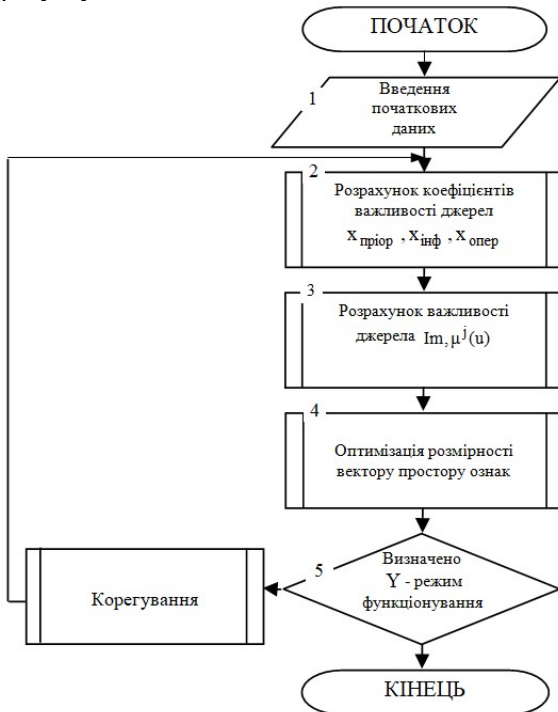


Рис. 1. Алгоритм раціонального розподілу інформації за важливістю і кількістю джерел радіомоніторингу

Для вибору варіанту плану радіомоніторингу (далі план) використовуються часткові показники якості планування радіомоніторингу [5-7]:

1. Повнота охоплення спостереженням ОМ Π , що розраховується як відношення суми коефіцієнтів важливості ОР Y_j , що включені в план, до суми коефіцієнтів важливості всіх ОМ:

$$\Pi = \frac{\sum_{j=1}^{\{m\}_u} Y_j}{\sum_{j=1}^J Y_j} \quad (1)$$

де: $\{m\}_u$ – кількість ОР, вибрані для

спостереження в u -му плану.

2. Витрати технічного ресурсу навантаження постів, що визначається як сума витрат технічних ресурсів навантаження всіх постів $S_{заг\text{РЕР}}$.

3. Ймовірність відстеження стану та характеру діяльності усієї сукупності ОМ, що підлягають спостереженню – \bar{P} .

$$\bar{P} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m P_j \quad (2)$$

де: P_j – ймовірність відстеження стану та характеру діяльності ОМ, що включені до плану.

Тоді система часткових показників якості вибору плану спостереженні за ОМ (ДРМ) буде мати вигляд:

$$\begin{cases} \Pi \rightarrow \max \\ S_{заг\text{РЕР}} \rightarrow \min \\ \bar{P} \rightarrow \max \end{cases} \quad (3)$$

З урахуванням системи часткових показників, функціонал, що відображає якість ведення моніторингу за умови вибору того чи іншого варіанту плану Π , можна записати у вигляді

$$F_{\Pi U_{\text{опт}}} = \max F(\Pi_{\Pi U}, S_{заг\text{РЕР}\Pi U}, \bar{P}_{\Pi U}) \quad (4)$$

Задача вибору варіанту плану спостереження відноситься до багатокритеріальних (векторних) задач. Рішення задач, що потребують векторної оптимізації, полягає у згортці окремих критеріїв якості у загальний критерій, та вибору такого варіанту рішення задачі, якому відповідало б найкраще значення загального критерію (максимальне чи мінімальне). Згортка часткових критеріїв якості до загального здійснюється з використанням певної схеми компромісів, яка визначає конкретний принцип оптимальності та стратегію дій особи, що приймає рішення [8, 9].

Однак в існуючих методах розподілу інформації за важливістю ДРМ розрахунок коефіцієнтів важливості здійснюється неявно (4), крім того, порядок їх розрахунку не визначено.

Отже, виникає актуальна наукове завдання багатокритеріальної оптимізації процесу вибору ДРМ з урахуванням їх важливості для підвищення ефективності ведення моніторингу.

Тоді (4) можна переписати у вигляді:

$$F_{\Pi U_{\text{опт}}} = \operatorname{argmax}_{im \in Im} F(im, S_{заг\text{РЕР}\Pi U}, \bar{P}_{\Pi U}),$$

де: Im – вектор коефіцієнтів важливості (пріоритетності) ДРМ у зоні моніторингу;

$\bar{P}_{\Pi U}$ – ймовірність відстеження стану та характеру діяльності групового ОМ при виборі u -го плану спостереження.

В [8, 9] розглядаються підходи до вирішення задач багатокритеріальності і вибору альтернатив в техніці, застосовуючи математичний апарат теорії корисності, тому для розв'язання поставленого завдання пропонується скористатись відомими підходами.

Відповідно до [8] важливість ДРМ можна

розглядати як неметричний критерій корисності (НЧК). Основною складністю при розв'язанні поставленої задачі є представлення НЧК у кількісному вигляді з метою його подальшого введення до функції корисності (ФК).

Для представлення НЧК у кількісному вигляді визначені неметричні часткові критерії корисності (НЧКК), які мають характеризувати важливість ДРВ.

Відповідно [8, 9], основними НЧКК виступають ступінь пріоритетності задачі в інтересах якої ведеться моніторинг, або ступінь пріоритету ОМ ($X_{\text{пріор}}$); ступінь інформативної цінності ($X_{\text{інф}}$); ступінь оперативної цінності ОМ (ДРМ) ($X_{\text{опер}}$).

У загальному випадку для кількісного представлення неметричних критеріїв використовується теорія експертного оцінювання. Головною причиною цього є відсутність іншого загального методу перетворення неметричних критеріїв у числові значення [8].

Позначимо $Q(X_{\text{пріор}}, X_{\text{інф}}, X_{\text{опер}})$, як функцію корисності НЧКК.

$X_{\text{пріор}}, X_{\text{інф}}, X_{\text{опер}}$ незалежні системи величин. Тоді функції корисності НЧКК можна представити системою виразів

$$\begin{cases} \Psi_{\text{пріор}} = Q(X_{\text{пріор}})f(X_{\text{пріор}}), \\ \Psi_{\text{інф}} = Q(X_{\text{інф}})f(X_{\text{інф}}), \\ \Psi_{\text{опер}} = Q(X_{\text{опер}})f(X_{\text{опер}}), \end{cases} \quad (5)$$

де: $f(X_{\text{пріор}})$, $f(X_{\text{інф}})$, $f(X_{\text{опер}})$ – функції залежності корисності від метричних критеріїв.

У свою чергу функція корисності ДРМ матиме вираз

$$\Psi = Q(X_{\text{пріор}}, X_{\text{інф}}, X_{\text{опер}})f(X_{\text{пріор}}, X_{\text{інф}}, X_{\text{опер}}) \quad (6)$$

Для дослідження впливу неметричних критеріїв введемо обмеження, сутність якого полягає в тому, що вплив метричних критеріїв є рівноцінним, тобто (немає залежності від метричних критеріїв)

$$f(X_{\text{пріор}}) = f(X_{\text{інф}}) = f(X_{\text{опер}}) = 1 \quad (7)$$

Аналіз обмеження (7) показує, що показники між собою рівноцінні за метричним критерієм. В свою чергу функції залежності корисності від неметричних критеріїв змінюються за лінійним законом і визначаються нижнім і верхнім значенням прийнятих оцінок. Здійснивши операцію нормування за максимальним значенням, будь-яка перевага одного із показників виразу (7) за неметричним критерієм призведе до домінування функції корисності відповідного показника.

Враховуючи (7), вираз (6) буде представлений

$$\Psi = Q(X_{\text{пріор}}, X_{\text{інф}}, X_{\text{опер}}) \quad (8)$$

З метою вибору раціонального виду функції корисності $Q(X_{\text{пріор}}, X_{\text{інф}}, X_{\text{опер}})$ зручно представити $X_{\text{пріор}}, X_{\text{інф}}, X_{\text{опер}}$ у вигляді нечітких

множин, а оцінки НЧКК, як їх елементи відповідно. Тоді $Q(X_{\text{пріор}}, X_{\text{інф}}, X_{\text{опер}})$ можна ототожнити з функцією належності набору вхідних значень показників основних НЧКК $X_{\text{пріор}}, X_{\text{інф}}, X_{\text{опер}}$ до нечітких множин $X_{\text{пріор}}, X_{\text{інф}}, X_{\text{опер}}$, відповідно [10]. Таким чином, задачу визначення важливості ДРМ можна сформулювати як задачу прийняття рішення щодо важливості ДРМ, а результат процесу прийняття рішення можна представити у вигляді:

$$I_m = Q(X_{\text{пріор}}, X_{\text{інф}}, X_{\text{опер}}) \quad (9)$$

де: $X_{\text{пріор}}, X_{\text{інф}}, X_{\text{опер}}$ – набір вхідних значень показників основних НЧКК;

I_m – рішення щодо визначення важливості ДРМ.

Задача прийняття рішення щодо визначення важливості ДРМ полягає в тому, щоб на основі інформації про вектор вхідних показників ($X_{\text{пріор}}, X_{\text{інф}}, X_{\text{опер}}$) визначити результат I_m . Необхідною умовою формального розв'язання поставленої задачі є наявність залежності (9). Для встановлення такої залежності необхідно розглядати вхідні показники (НЧКК) і вихідне рішення як лінгвістичні змінні, що задані на універсальних множинах [10, 11]:

Для оцінювання таких лінгвістичних змінних пропонується використовувати якісні терми, що складають терм-множину:

$$X_{\text{інф}} = \{Н, нС, С, вС, В\} \text{ – терм-множина змінної}$$

$X_{\text{інф}},$

$$X_{\text{опер}} = \{Н, нС, С, вС, В\} \text{ – терм-множина}$$

змінної $X_{\text{опер}},$

$$X_{\text{пріор}} = \{Н, С, В\} \text{ – терм-множина змінної}$$

$X_{\text{пріор}},$

$$I_m = \{Н, нС, С, вС, В\} \text{ – терм-множина змінної}$$

$I_m,$

де Н, нС, С, вС, В – відповідно “низький”, “нижче середнього”, “середній”, “вище середнього”, “високий”;

I_m – множина змінних, що характеризують важливість ДРМ.

$$X_{\text{інф}} = [1,5];$$

$$X_{\text{опер}} = [1,5];$$

$$X_{\text{пріор}} = [1,3];$$

$$I_m = [1,5]$$

(10)

Для оцінювання значень лінгвістичних змінних $X_{\text{пріор}}, X_{\text{інф}}, X_{\text{опер}}$, відповідно (10) використаємо наступну шкалу якісних термів.

У відповідності з методами когнітивної інженерії щодо синтезу бази знань, викладених в [10, 11] отримано бази знань, що характеризують важливість ДРМ. Використовуючи математичний апарат теорії нечітких множин базу знань перетворено в логічні рівняння

$$\mu^{Im_j}(X_{\text{пріор}}, X_{\text{інф}}, X_{\text{опер}}) = \max_j \left\{ \min_i [\mu^j(x_{i(\text{пріор})}), \mu^j(x_{i(\text{інф})}), \mu^j(x_{i(\text{опер})})] \right\}$$

$$\mu^j(Im_i) = \tilde{\mu}^j(u), u = 4 \frac{Im_i - Im}{Im - Im}, \quad (12)$$

$j = H, Hc, C, BC, B$

Таблиця 1

Числове значення важливості ДРВ (Im)	Лінгвістичне значення важливості ДРВ (Im)
12,2 ÷ 15	Висока
9,4 ÷ 12,2	Вища за середню
6,6 ÷ 9,4	Середня
3,8 ÷ 6,6	Нижче за середню
1 ÷ 3,8	Низька

Аналітична модель функції належності представлена виразом:

$$\mu^j(u) = \frac{1}{1 + \left(\frac{u-b}{c}\right)^2} \quad (13)$$

де параметри b і c задано в таблиці 2

Таблиця 2

Терм	H	Hc	C	BC	B
b	0	1	2	3	4
c	0,923	0,923	0,923	0,923	0,923

Графічне зображення ФН згідно з виразом (13) наведено на рисунку 2

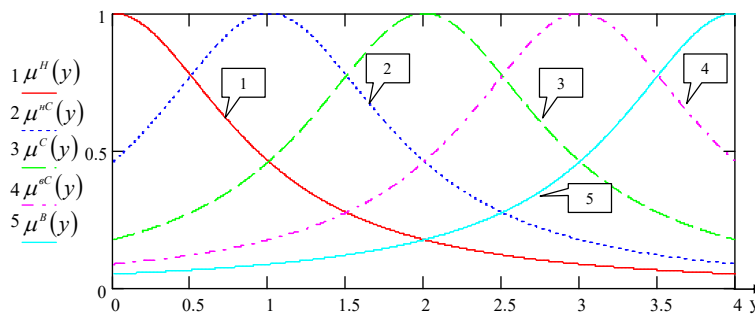


Рисунок 2 – Графічне зображення ФН нечіткої множини ступенів важливості ДРМ

Розрахунок коеф. важливості (дія 2 рис. 1). Визначаються коефіцієнт пріоритетності $x_{\text{пріор}}$, коефіцієнт ступеню інформативної цінності $x_{\text{інф}}$, коефіцієнт ступеню оперативної цінності $x_{\text{опер}}$.

Розрахунок важливості ОМ (дія 3 рис. 1). За допомогою (13) розраховуються значення важливості відповідного ОМ (ДРМ).

Визначення лінгвістичного значення важливості ОМ (дія 4 на рис. 1)

Користуючись таблицею 2 визначається лінгвістичне значення важливості ДРМ.

Розглянемо приклад. Нехай необхідно визначити важливість радіомережі управління та оповіщення деякого групового ОМ. Використовуючи викладене, користуючись таблицями визначаємо, що:

коефіцієнт пріоритетності $x_{\text{пріор}}=3$;

коефіцієнт ступеню інформативної цінності $x_{\text{інф}}=2$;

коефіцієнт ступеню оперативної цінності $x_{\text{опер}}=3$.

Підставляючи отримані дані до (13) отримуємо

значення важливості $Im = 9$. Використовуючи таблицю 3 визначаємо результат – “СЕРЕДНЯ”.

Висновок: дане ДРМ має “СЕРЕДНЮ” важливість.

Оптимізація вектору розвідувальних ознак (дія 5 рис. 1)

З [1, 2] відомо, що зі збільшенням кількості ознак, які характеризують ДРМ, збільшуються час необхідний для ідентифікації режиму його функціонування та інші затрати, в першу чергу апаратні, в наслідок чого знижується оперативність процесу оцінювання обстановки.

Нехай здійснюється оцінювання обстановки з метою викриття стану та характеру діяльності деякого складного ОМ. Припустимо, що стан бойової готовності ОМ асоціюється з режимом функціонування ДРМ, який забезпечує функціонування ОМ. Позначимо множину можливих станів ОМ, а отже і множину режимів функціонування ДРМ Y , де $y_1, y_2, \dots, y_m \in Y$ – можливі стани ОМ.

Обстановка визначається множиною ознак X , де $x_1, x_2, \dots, x_n \in X$ – викриті ознаки. Отже необхідно обґрунтувати необхідну кількість ознак

для ідентифікації режиму функціонування ДРМ.

В [1, 2] розглядаються методики розпізнання систем лише за умови, коли імовірність станів складних систем відома. Таким чином, поставлена задача потребує розв'язання в умовах невизначеної імовірності.

Виділення інформативних ознак у реальній обстановці є складним завданням, особливо при веденні радіомоніторингу систем радіозв'язку, коли набір ознак може бути дуже великим, а самі ознаки корельовані між собою. Тому постає завдання відбору й виділення групи найбільш інформативних ознак з метою зменшення розмірності вектора вихідних даних при одночасному знаходженні такої системи координат, у якій ймовірність правильного розпізнавання джерел або ОМ буде максимальною або достатньою для прийняття рішення.

Зменшення розмірності простору ознак в умовах великої кількості радіоелектронних засобів відіграє значну роль, оскільки збільшує пропускну спроможність засобів моніторингу у цілому. Досвід і теоретичні розрахунки показують, що зі збільшенням кількості ознак імовірність ідентифікації режиму функціонування ДРМ збільшується. Однак, це справедливо тільки при відносно невеликій кількості ознак. Тому, що збільшення кількості ознак значною мірою призводить до збільшення похибок ідентифікації.

Залежність імовірності ідентифікації ДРМ від розмірності простору ознак наведено на рис. 3.

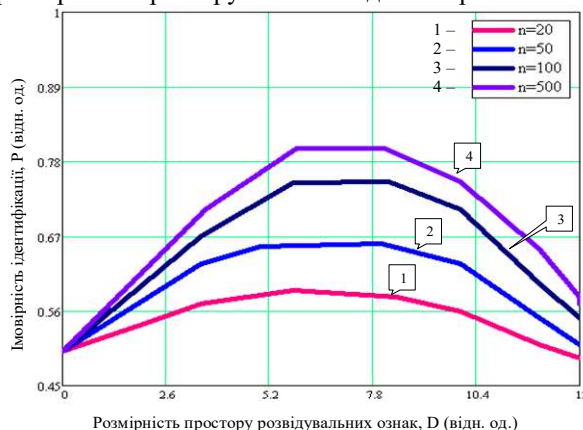


Рис. 3. Залежність імовірності ідентифікації режиму функціонування ДРМ від розмірності простору ознак

З наведених графіків видно, що довільне збільшення розмірності простору ознак може призвести до погіршення ймовірності правильного розпізнавання.

Формування вектора ознак математично може бути представлено у вигляді:

$$Y = AX \quad (14)$$

де: X – вектор ознак;

Y – вектор можливих рішень;

A – матриця перетворень.

Для вирішення питання щодо визначення міри інформативності ознак і мінімізації їх простору скористаємось положенням теорії інформації К. Шеннона.

За Шенноном міру інформативності деякої ознаки щодо множини режимів функціонування ДРМ можна оцінити як різницю початкової ентропії ідентифікації режиму функціонування й ентропії рішення за певною ознакою

$$I_k = H_0(Y) - H(Y/x_k) \quad (15)$$

де: $H_0(Y)$ – початкова ентропія ідентифікації;

$H(A/x_k)$ – ентропія рішення за ознакою x_k .

Припустимо, що в розглянутій предметній області ознак x_k може приймати J дискретних значень (градацій) x_k ($j = 1, 2, \dots, J$).

Тоді ентропія рішення за j-м значенням ознаки x_k визначиться як

$$H(Y_m/x_{kj}) = -\sum_{i=1}^m p(Y_i/x_{kj}) \log p(Y_i/x_{kj}) \quad (16)$$

де: $p(Y_i/x_{kj})$ – умовна імовірність ідентифікації режиму функціонування Y_i за j-ю градацією ознаки x_k .

Умовна імовірність за критерієм Баєса буде дорівнювати

$$p(Y_i/x_{kj}) = \frac{p(Y_i)p(x_{kj}/Y_i)}{p(x_{kj})} = \frac{p(Y_i)p(x_{kj}/Y_i)}{\sum_{i=1}^m p(Y_i)p(x_{kj}/Y_i)} \quad (17)$$

де: $p(Y_i)$ – апіорна імовірність режиму функціонування Y_i серед всіх m режимів;

$p(x_k)$ – імовірність появи j-ї градації k-ї ознаки в усіх режимах функціонування;

$p(x_k/Y_i)$ – умовна ймовірність появи j-го значення k-ї ознаки в режимі функціонування Y_i .

Після підстановки цього виразу у рівняння (16) формула для розрахунків ентропії рішення буде мати вигляд:

$$H(Y_m/x_{kj}) = -\frac{1}{p(x_{kj})} \sum_{i=1}^m p(Y_i)p(x_{kj}/Y_i) \log \frac{p(Y_i)p(x_{kj}/Y_i)}{\sum_{i=1}^m p(Y_i)p(x_{kj}/Y_i)} = -\frac{1}{p(x_{kj})} \left[\sum_{i=1}^m p(Y_i)p(x_{kj}/Y_i) \log p(Y_i)p(x_{kj}/Y_i) - \sum_{i=1}^m p(Y_i)p(x_{kj}/Y_i) \log \sum_{i=1}^m p(Y_i)p(x_{kj}/Y_i) \right] \quad (18)$$

Для одержання ентропії рішення слід знайти суму значень величин $H(Y_m/x_{kj})$ по всіх градаціях $j = J$ з вагами, пропорційними імовірності появи кожної градації, тобто $p(x_{kj})$. Тоді

$$\begin{aligned}
 H(Y_m / x_k) &= -\sum_{j=1}^J p(x_{kj}) H(Y_m / x_{kj}) = \\
 &= -\sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^m p(Y_i, x_{kj}) \log p(Y_i, x_{kj}) + \\
 &+ \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^m p(Y_i, x_{kj}) \times \sum_{i=1}^m \log p(Y_i, x_{kj}), \quad (19)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_{j-1} &= -\sum_{i=1}^m p_i \log(p_i/P); \\
 H_j &= -\sum_{i=1}^m q_i \log(q_i/Q),
 \end{aligned} \quad (22)$$

де: $p(Y_i, x_{kj}) = p(Y_i)p(x_{kj}/Y_i)$ – спільний розподіл ймовірностей значень ознаки x_k для режиму Y_k .

Тому початкова ентропія ідентифікації режиму функціонування дорівнює

$$H_0(A) = -\sum_{i=1}^m p(A_i) \log p(A_i), \quad (20)$$

то, після підстановки знайдених доданків, остаточний вираз для визначення інформативності k -ї ознаки буде визначатися як:

$$\begin{aligned}
 I_k &= -\sum_{i=1}^m p(Y_i) \log p(Y_i) = \\
 &= -\sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^m p(Y_i, x_{kj}) \log p(Y_i, x_{kj}) - \\
 &- \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^m p(Y_i, x_{kj}) \log \sum_{i=1}^m p(Y_i, x_{kj})
 \end{aligned} \quad (21)$$

З отриманого виразу для обчислення інформативності ознак (21) випливає, що чим точніше вимірюються значення кожної розвідувальної ознаки й чим більше використовується кількість градацій ознак J , тим більшу інформацію можна отримати при її використанні. Однак при цьому неминуче збільшуються витрати пам'яті і машинного часу ЕОМ при реалізації етапів навчання й класифікації. Тому бажано знайти найменшу кількість ознак і їхніх градацій, що забезпечують необхідну ймовірність ідентифікації режиму функціонування ДРМ.

При розгляді процедури мінімізації простору ознак або знаходженні мінімального опису режимів функціонування ДРМ можна застосувати такий спосіб. Якщо на осі абсцис відкласти значення ймовірностей $p(x_{kj})$ послідовно для всіх градацій j будь-якої ознаки x_k , а по осі ординат – відповідні їм значення $H(Y_i / x_{kj})$, то можна побудувати графік залежності $H(Y_i / x_{kj}) = f[p(x_{kj})]$.

Площа, обмежена віссю абсцис і кривою, пропорційна ентропії рішення за ознакою x_k , а площа між рівнем $H_0(Y)$ і характеристикою – інформаційному змісту I_k ознаки x_k .

Для більш детального викладення основних принципів процедури мінімізації простору ознак розглянемо градації $(j-1)$ та j . Відповідні їм складові ентропії рішення за x_k -ю ознакою будуть такі:

$$\text{де: } p_i = p(Y, x_{k,j-1}); \quad q_i = p(Y_i, x_{kj}); \quad P = \sum_{i=1}^m p_i;$$

$$Q = \sum_{i=1}^m q_i.$$

Після мінімізації градацій за рахунок об'єднання складову ентропії можна знайти як

$$\begin{aligned}
 H_{j,j-1} &= -\sum_{i=1}^m (p_i + q_i) \log(p_i + q_i) + (P + Q) \times \\
 &\times \log(P + Q) = -\sum_{i=1}^m (p_i + q_i) \log \frac{p_i + q_i}{P + Q}
 \end{aligned}$$

У такий спосіб можна розрахувати втрату інформативності ознаки при мінімізації будь-якої кількості градацій ознак.

Перевірка оптимальної розмірності вектора ознак (дія б рисунок 1). Умовою закінчення циклу ліквідації градацій є величина порогу втрат інформативності за усіма ознаками $(\sum \Delta I_k)_{\max}$ або за конкретною ознакою. Можна також задати максимальну кількість градацій, яку необхідно залишити в процесі мінімізації.

На рис. 4 наведені криві зміни інформативності ознак залежно від кількості їх градацій. Аналіз цих кривих за усіма ознаками дає можливість мінімізувати кількість градацій в аспекті витрат пам'яті пристрою ідентифікації і сумарних витрат інформативності параметрів ідентифікації.

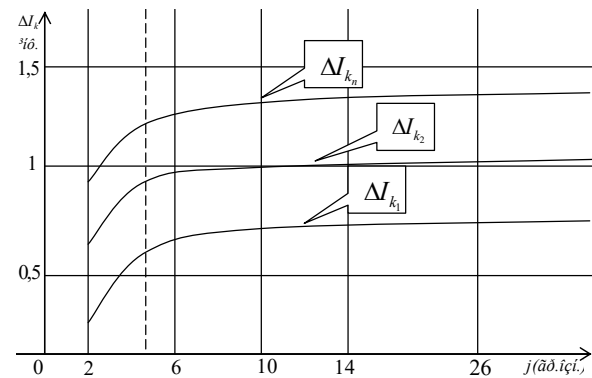


Рис. 4. Мінімізація простору ознак

Наведені залежності свідчать, що кількість градацій ознак доцільно вибрати не більше 4-6 (по точці переломлення більшості кривих), що збігається з результатами наведеними на рисунку 4

У таблиці 3 наведено результати процедури мінімізації простору ознак. При моделюванні використовувалися три режими функціонування ДРМ, які описані вектором ознак, що включає 15 ознак і їхніх градацій ($j=30$). Втрата інформативності в результаті мінімізації за усіма ознаками і їхніми градаціями склала в середньому 0,1126 біт на ознаку, а економія пам'яті збільшилася у 6 разів.

Результати процедури мінімізації простору ознак

Ознака x_k	Інформативність I_k		Ознака x_k	Інформативність I_k	
	№ за порядком	Початкова при $j = 30$		Прикінцева при $j = 5$	№ за порядком
1	1,2105	1,1150	9	1,0380	0,9939
2	1,2545	1,0750	10	1,0829	0,9762
3	1,1804	1,0691	11	1,0704	0,9488
4	1,1749	1,0599	12	1,0122	0,9056
5	1,1652	1,0467	13	1,0129	0,9055
6	1,1640	1,0431	14	0,9628	0,8799
7	1,1122	1,0085	15	0,8282	0,7226
8	1,0629	1,0029			

Висновки й перспективи подальших досліджень

Таким чином, удосконалена методика раціонального розподілу інформації в АСУ військами та зброєю, за рахунок відбору найбільш важливих джерел радіомоніторингу і раціоналізації кількості градацій об'єктів радіомоніторингу для забезпечення заданої ймовірності правильного розпізнавання та гарантованого визначення їх стану, що базуються на основних положеннях теорії інформації К. Шеннона, та дають можливість досить ефективно формалізувати й вирішити завдання визначення

інформативності ознак і мінімізувати їх простір при ідентифікації режимів функціонування ДРМ з мінімальними витратами інформативності і максимальною швидкістю виконання обчислювальних операцій за рахунок збереження обсягу пам'яті ЕОМ в АСУ військами та зброєю.

Результати проведених досліджень в подальшому планується застосовувати при розробці методики визначення пріоритетів розвідувальних ознак та створенні інформаційної системи оцінювання обстановки в умовах надлишковості інформації.

Література

1. **Аксенов Г.Н.**, Рубцов В.С., Радковец Ю.И. Оперативно-информационная подготовка: Информационное моделирование системы радио- и радиотехнической разведки фронта. Учебное пособие. К.: КВИРТУ ПВО, 1987. -72с. 2. **Аксенов Г. Н.** Рубцов В.С., Радковец Ю. И. Оперативно-информационная подготовка: часть II. Боевая работа на командных пунктах подразделений, частей и соединений радио и радиотехнической разведки: К., КВИРТУ ПВО, 1985. 72с. 3. **Гаценко С. С.**, Пермяков О. Ю., Варламов І. Д., Удосконалення автоматизованих систем управління військами на основі раціонального розподілу інформаційних потоків в інтегрованому командному середовищі: Збірник матеріалів ХХ Всеукраїнської науково-практичної конференції "Проблеми створення, розвитку та застосування високотехнологічних систем спеціального призначення". Житомир: ЖВІ, 2014. С. 49-50. 4. **Варламов І.Д.**, Гаценко С.С., Бучинський Ю.А. Особливості побудови та практичної реалізації автоматизованої системи управління розвідкою К., НУОУ, Труді університету. 2017. - № 6(145), С. 44-54. 5. **Гончаров Ю. И.** Теоретические основы радио и радиотехнической разведки. Ленинград: ВАС, 1989. 374с. 6. **Смірнов Ю. О.** Основы радиоэлектронной

розвідки. Частина 1. Розвідувально-інформаційний процес, основні моделі системи РЕР ефективність і напрями її подальшого розвитку. К.: НДІ ГУР МО України, 2009. 155с. 7. **I. Alieinykov**, K. A. Thamer, Y. Zhuravskiy, O. Sova, N. Smirnova, R. Zhyvotovskiy, S. Hatsenko, S. Petruk, R. Pikul, A. Shyshatskiy. Development of a method of fuzzy evaluation of information and analytical support of strategic management. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 6. No. 2 (102). 2019. pp. 16-27. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.184394>. 8. **Брахман Т.Р.**

Многокритериальность и выбор альтернатив в технике. -М.: Радио и связь, 1984. -288с. 9. **Воронин А.Н.** Многокритериальные решения: модели и методы: монография А.Н. Воронин, Ю.К. Зиятдинов, М.В. Куклинский - К.: НАУ, 2011. -268с. 10. **Ротштейн А. П.** Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети. Винница: "УНИВЕРСУМ", 1999. 320 с. 11. **Пермяков О. Ю.** Теоретические основы обработки нечетких данных в аналитических задачах специального математического обеспечения: Дис. на соис. уч. степени д. т. н. К.: 1995. 198 с.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНА МЕТОДИКА РАЦІОНАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ПО ВАЖНОСТИ И КОЛИЧЕСТВУ ИСТОЧНИКОВ РАДИОМОНИТОРИНГА В АСУ ВОЙСКАМИ И ОРУЖИЕМ

*Валерий Владимирович Кузнецов (кандидат военных наук)
Алексей Васильевич Повещенко
Игорь Святославович Оксенчук
Виктор Павлович Николаенко*

Национальный университет обороны Украины имени Ивана Черняховского, Киев, Украина

При проектировании автоматизированных систем управления войсками и оружием важная роль отводится форме и объему информации, передаваемой информации. Информация в контур управления поступает от датчиков, составляющих систему мониторинга и ведут непрерывное

наблюдение за источниками и объектами мониторинга.

Система управления и связи группового объекта радиомониторинга представляет собой сложную иерархическую структуру. Количество источников, которые функционируют в интересах обеспечения системы управления превышает количество имеющихся сил и средств, осуществляющих радиомониторинг. Возникает несоответствие при распознавании объектов и источников радиомониторинга: идентификации объекта наблюдения, количество признаков. Поэтому необходимо решить многокритериальную оптимизационную задачи для идентификации режима функционирования источников радиомониторинга для гарантированного определения состояния системы управления и связи группового объекта радиомониторинга, которая заключается в выборе тех источников полезность которых наибольшая.

Предложенная методика рационального распределения информации в АСУ войсками и оружием, за счет отбора наиболее важных источников радиомониторинга и рационализации количества градаций объектов радиомониторинга для обеспечения заданной вероятности правильного распознавания и гарантированного определения их состояния.

Ключевые слова: автоматизированная система управления; распознавание; идентификация; источники и объекты; радиомониторинг; распределение информации.

THE METHODOLOGY OF RATIONAL DISTRIBUTION OF INFORMATION BY IMPORTANCE AND QUANTITY OF RADIO MONITORING SOURCES IS IMPROVED IN ACS ARMS AND WEAPONS

Valerii Kuznetsov (Candidate of military sciences)

Oleksii Poveshchenko

Ihor Oksenchuk

Viktor Nikolaienko

National Defence University of Ukraine named after Ivan Cherniakhovsky, Kyiv, Ukraine

When designing automated systems for command and control of troops and weapons, an important role is given to the form and volume of information transmitted information. Information in the control loop comes from sensors that make up the monitoring system and continuously monitor the sources and objects of monitoring.

The control and communication system of a group object of radio monitoring is a complex hierarchical structure. The number of sources that operate in the interests of providing a control system exceeds the number of available forces and means that carry out radio monitoring. There is a discrepancy in the recognition of objects and sources of radio monitoring: identification of the object of observation, the number of signs. Therefore, it is necessary to solve the multicriteria optimization problem for identifying the operating mode of radio monitoring sources for guaranteed determination of the state of the control system and communication of the group object of radio monitoring, which consists in choosing those sources whose utility is greatest.

The proposed methodology for the rational distribution of information in automated control systems by troops and weapons, by selecting the most important sources of radio monitoring and rationalizing the number of gradations of radio monitoring objects to ensure a given probability of correct recognition and guaranteed determination of their condition.

Key words: automated control system; recognition; identification; sources and objects; radio monitoring; information distribution.

References

1. **Aksenov G.N.**, Rubczov V.S., Radkovecz Yu.I. Operativno-informacionnaya podgotovka: Informacionnoe modelirovanie sistemy radio- i radiotekhnicheskoy razvedki fronta. Uchebnoe posobie. K.: KVIRTU PVO, 1987. -72s.
2. **Aksenov G. N.**, Rubczov V.S., Radkovecz Yu. I. Operativno-informacionnaya podgotovka: chast' II. Boevaya rabota na komandny'kh punktakh podrazdelenij, chastej i soedinenij radio i radiotekhnicheskoy razvedki: K.: KVIRTU PVO, 1985. 72s.
3. **Gazenko S. S.**, Permyakov O. Yu., Varlamov I. D., Udoskonalennaya avtomatizovanih sistem upravli'nnya vi's'kami na osnovi' raczi'onal'nogo rozpodi'lu i'nformaczi'jnikh potoki'v v i'ntegrovanomu komandnomu seredovishhi': Zbi'rnik materi'ali'v KhKh Vseukrayins'kovi naukovopraktichnoi konferenczi'vi "Problemi stvorenniya, rozvitku ta zastosuvannya visokotekhnologi'chnikh sistem speczi'al'nogo priznachennya". Zhitomir: ZhVI', 2014. S. 49-50.
4. **Varlamov I.D.**, Gaczenko S.S., Buchins'kij Yu.A. Osoblivosti' pobudovi ta praktichnoi reali'zaczi'yi avtomatizovanoi sistemi upravli'nnya rozvi'dkoju K., NUOU, Trudi uni'versitetu. 2017. - # 6(145), S. 44-54.
5. **Goncharov Yu. I.** Teoreticheskie osnovy' radio i radiotekhnicheskoy razvedki. Leningrad: VAS, 1989. 374s.
6. **Smirnov Yu. O.** Osnovi radi'oelektronnoi rozvi'dki. Chastina 1. Rozvi'dual'no-i'nformaczi'jniy proces, osnovni' modeli' sistemi RER effektivni'st' i' napryami yivi podal'shogo rozvitku. K.: NDI' GUR MO Ukraini, 2009. 155s.
7. **I. Alieinykov, K. A.** Thamer, Y. Zhuravskiy, O. Sova, N. Smirnova, R. Zhyvotovskiy, S. Hatsenko, S. Petruk, R. Pikul, A. Shyshatskiy. Development of a method of fuzzy evaluation of information and analytical support of strategic management. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 6. No. 2 (102). 2019. pp. 16-27. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.184394>.
8. **Brakhman T.R.** Mnogokriterial'nost' i vy'bor al'ternativ v tekhnike. -M.: Radio i svyaz', 1984. -288s.
9. **Voronin A.N.** Mnogokriterial'ny'e resheniya: modeli i metody': monografiva A.N Voronin, Yu.K Ziatdinov, M.V Kuklin-skiy - K.: NAU, 2011. -268s.
10. **Rotshtejn A. P.** Intel'ektual'ny'e tekhnologii identifikaczi: nechvyotkie mnozhestva, geneticheskie algoritmy', neironny'e seti. Vinnicza: "UNIVERSUM", 1999. 320 s.
11. **Permyakov O. Yu.** Teoreticheskie osnovy' obrabotki nechetskikh danny'kh v analiticheskikh zadachakh speczi'al'nogo matematicheskogo obespecheniya: Diss. na sois. uch. stepeni d. t. n. K.: 1995. 198 s.