

## УДОСКОНАЛЕННЯ СИГНАТУРНО-СИСТЕМНОГО МЕТОДУ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПРІОРИТЕТНИХ ОЗНАК У СКЛАДІ СИГНАТУР ОБ'ЄКТІВ МОНІТОРИНГУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ ЙМОВІРНОСТІ ПРАВИЛЬНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ

**Анотація.** Запропоновано підхід до удосконалення сигнатурно-системного методу здобування та оброблення інформації шляхом пріоритизації моніторингових ознак у складі сигнатур джерел (об'єктів) моніторингу з визначенням їхньої раціональної кількості. Застосування бігаусівської математичної моделі сигналів джерел радіовипромінювань та пріоритетних моніторингових ознак як інформаційного забезпечення сигнатурно-системного методу надасть змогу підвищити ефективність його застосування в умовах часткової або повної невизначеності вихідних даних.

**Ключові слова:** сигнатурно-системний метод, бігаусівська математична модель сигналів джерел радіовипромінювань, моніторингова ознака, сигнатура.

### ВСТУП

Одним з найважливіших завдань моніторингу інформації в інформаційному середовищі (ІС) телекомунікаційних систем (ТКС) є виявлення, розпізнавання і класифікація джерел та об'єктів моніторингу (ДОМ). При цьому під час функціонування моніторингова структура передусім має застосовувати найефективніші методи здобування та оброблення інформації. Це, зокрема, структурно-системний (ССМ) та сигнатурно-системний (СГСМ) методи здобування та оброблення інформації [1, 2]. У цих методах використовується множина моніторингових ознак (МО) і сигнатур — сукупність доступних для виявлення, аналізу та оцінювання кількісних і якісних параметрів ДОМ. Головною особливістю моніторингового процесу є те, що він здійснюється в умовах часткової або повної невизначеності вихідних даних [1–5].

Під час розпізнавання (наприклад, за допомогою методів дихотомії або шляхом порівняння з еталоном у режимах навчання чи самонавчання за ССМ і СГСМ) інформація обробляється з використанням методів математичної статистики, бінарної або багатозначної логіки і приймається рішення про належність ДОМ тому чи іншому класу або про його фазовий стан [1, 4]. Зрозуміло, що чим меншою є похибка апостеріорного параметра МО та чим він є більш наближеним до еталона (його інформаційні втрати відносно еталонних значень є мінімальними), тим меншим є ступінь невизначеності та більшою є ймовірність правильного розпізнавання. Іншими словами, у процесі моніторингу потрібно прагнути до зменшення ступеня невизначеності, а в ідеальному випадку, якщо невизначеність знято (або вона є незначною), величина (значення) ймовірності правильного розпізнавання суттєво зростає. І навпаки, якщо ступінь невизначеності зростає, якість розпізнавання знижується внаслідок збільшення інформаційних втрат.

Якість розпізнавання і класифікації ДОМ залежить від двох основних факторів [1]. Першим фактором є наявність похибок вимірювання, обчислення та оцінювання параметрів ДОМ, що визначаються потенційними і реальними можливостями апаратури технічних систем і комплексів моніторингу, а також склад-

ною сигнально-завадовою обстановкою в зоні моніторингу, наявністю штучних завад, внутрішніх шумів, перетворенням інформації у каналах зв'язку, нестабільністю прийнятно-передавальної апаратури тощо. Другим фактором є неповнота моніторингової ознаки і сигнатури, що відображають різний стан або належність ДОМ, і поверховий опис властивостей об'єктів.

Це свідчить про те, що МО завжди отримують з деякими похибками — втратами, що призводять до підвищення ступеня невизначеності (ентропії), втрат інформації та зниження ймовірності правильного розпізнавання.

У зв'язку з цим виникає потреба в забезпеченні максимальної величини ймовірності правильного розпізнавання ДОМ шляхом визначення потрібної (оптимальної) кількості важливих та інформативних МО та у подальшому формуванні раціональної кількості відповідних сигнатур ДОМ за визначеними МО.

#### **ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ**

Метою роботи є опис підходу до удосконалення сигнатурно-системного методу за пріоритетними МО у складі сигнатур об'єктів моніторингу для забезпечення максимальної величини ймовірності їхнього правильного розпізнавання.

У логічному зв'язку розглянемо такі основні питання:

— оцінка ступеня невизначеності моніторингових ознак розпізнавання джерел і об'єктів моніторингу у випадку застосування сигнатурно-системного методу отримання та оброблення інформації;

— бігаусівська математична модель сигналів джерел радіовипромінювань як інформаційна основа застосування сигнатурно-системного методу;

— методика визначення пріоритету моніторингової ознаки фазового стану об'єкта моніторингу.

У довідковій літературі та прикладних роботах сигнатурно-системний метод, в якому застосовано бігаусівську математичну модель сигналів джерел радіовипромінювань, вивчений мало і на практиці використовується лише у специфічних галузях.

#### **ОЦІНКА СТУПЕНЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ МОНІТОРИНГОВИХ ОЗНАК РОЗПІЗНАВАННЯ ДЖЕРЕЛ І ОБ'ЄКТІВ МОНІТОРИНГУ У ВИПАДКУ ЗАСТОСУВАННЯ СИГНАТУРНО-СИСТЕМНОГО МЕТОДУ ЗДОБУВАННЯ І ОБРОБЛЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ**

Сутність СГСМ полягає в синтезі інформаційного уявлення про об'єкт або системи моніторингу і прогнозуванні ситуацій на визначений момент часу, а також у формуванні реального уявлення про об'єкт або системи для порівняння їхніх показників за визначеним критерієм схожості. З практичного погляду завдання реалізації методу полягає в розробленні інформаційно-аналітичних та імітаційних моделей, що дають системне відображення об'єктів на основі комплексних МО — сигнатур, які підлягають вимірюванню, аналізу і пов'язані з призначенням ДОМ та їхніми можливостями.

Інформаційно-аналітичну модель можна описати в такий спосіб:

$$J_0 = \langle Q, S, M, I_1, I_2, I_3, I_0, R \rangle, \quad (1)$$

де  $J_0$  — інформаційний опис об'єкта моніторингу;  $Q$  — множина об'єктів відображення;  $S$  — множина джерел інформації;  $M$  — множина інформаційних показників: просторових характеристик ДОМ, можливості їхнього розпізнавання, потенційних або реальних точностей визначення координат;  $I_1$  — інформація про ДОМ: типи об'єктів, їхнє призначення, місце розташування, ступінь

важливості, очікувана ефективність їх виявлення;  $I_2$  — інформація про ДОМ, отримана від вищого рівня системи моніторингу;  $I_3$  — інформація про ДОМ, що надійшла від інших систем моніторингу;  $I_0$  — інформаційне відображення систем і підсистем, що підлягають моніторингу: типи ДОМ, їхнє розгорнуте розташування у просторі, ступінь виявлення, МО і сигнатури, ступінь важливості, очікувана ефективність системи моніторингу;  $R$  — узагальнений показник інформативності.

До складу інформаційно-аналітичної моделі входять ідентифікатор класу, сукупність ознак і сигнатур належності конкретного ДОМ цьому класу, сукупність значень вагових коефіцієнтів ознак і сигнатур належності конкретного ДОМ цьому класу.

Апріорні знання про структуру, ознаки і функціональні зв'язки між ДОМ надаються у вигляді сукупності таблиць (списків) допустимих значень для кожної МО і сукупності описів інформаційних моделей класів ДОМ як об'єктів розпізнавання. Для обчислення оцінок формальний опис інформаційної моделі класу включає: ідентифікатор класу; набір еталонних значень статичних ознак, який описується вектором  $Y_{ст}$ ; набір еталонних значень змін динамічних ознак, що описуються матрицею  $Y_{дн}$  розміру  $n \times t$ , рядки якої є сукупністю значень змін кожної з  $n$  динамічних ознак за термін  $t$  вимірів; набір вагових коефіцієнтів статичних і динамічних ознак, який описується векторами  $R_{ст}$  і  $R_{дн}$ , що характеризують інформативність кожної ознаки у разі прийняття рішення на користь цього класу.

Внаслідок того, що еталонні матриці повинні повно і точно відображати зміни параметрів ДОМ, значення змін ознак у цих матрицях потрібно надати з максимально можливою (з практичного погляду) частотою дискретизації. Апостеріорні дані ДОМ надаються у вигляді векторів значень статичних ознак  $X_{ст}$  та матриць значень динамічних ознак  $X_{дн}$ .

Отже, розроблення інформаційних моделей є важливим, складним і трудомістким завданням. В основу моделі слід покласти попередній детальний опис можливого стану середовища (прогноз) у зоні моніторингу, якісне та кількісне оцінювання її основних показників (доступності ДОМ, характеру зв'язків між ДОМ і всередині них), алгоритми отримання і формування МО та сигнатур.

У підході з використанням СГСМ для розпізнавання ДОМ, який випадково належатиме деякому класу об'єктів або перебуватиме у відповідному фазовому стані (буде мати певний ступінь невизначеності), показником оцінювання ефективності МО і сигнатур обрано ентропію [6, 7]. Фазовий стан (або належність класу) ДОМ оцінено і визначено за параметрами відповідних МО, як кількісних, так і якісних. Вони мають наближатися до еталонних (без втрат інформації), тобто повинні мати мінімальний ступінь невизначеності — мінімальне значення ентропії. Ентропію оцінюють за кількістю можливих станів  $(x_1, x_2, \dots, x_n)$  ДОМ  $A$ , а також за величинами ймовірностей цих станів  $(p_1, p_2, \dots, p_n)$  [6, 7], при цьому

$\sum_{i=1}^n p_i = 1$ , де  $n$  — кількість станів:

$$H(A) = -\sum_{i=1}^n p_i \log(p_i). \quad (2)$$

Як показник оцінювання ефективності ентропія може бути такою: дорівнювати нулю, якщо один зі станів ДОМ є достовірним, а інші — неможливими; досягати максимуму, якщо ці стани є рівноймовірними; зростати за збільшення

кількості станів. Співвідношення (2) можна подати у такому вигляді:

$$H(A) = -\sum_{i=1}^n p_i \log(p_i) = \sum_{i=1}^n p_i \log \frac{1}{p_i}. \quad (3)$$

Для виконання математичних перетворень більш зручною є форма запису ентропії у вигляді математичного сподівання

$$H(A) = [-[\log P(A)]], \quad (4)$$

де  $P(A)$  — ймовірність будь-якого (випадкового) стану ДОМ.

З графіків залежності величини ентропії від імовірності стану об'єкта [6] видно, що крива має зсув вліво за збільшення числа класів, яким належить об'єкт, у випадку фіксованого порогу втрат.

У процесі розпізнавання для оцінювання інформаційної ефективності ознак і сигнатур зручніше використовувати поняття величини втрати інформації  $\Delta I_x$  за параметром  $x_i$  ознаки ДОМ, тобто ступеня остаточної (кінцевої) невизначеності їхніх інформаційних параметрів, або неповноти МО:

$$\Delta I_{x_i} = H_0(A) - H(B/x_i), \quad (5)$$

де  $B$  — уявлення про об'єкт моніторингу на інформаційній моделі.

Тоді інформаційна ефективність  $E_x$  ознаки буде дорівнювати

$$E_{x_i} = \frac{H_0(A) - H(B/x_i)}{H_0(A)} = 1 - \frac{H(B/x_i)}{H_0(A)}, \quad (6)$$

а інформаційна ефективність  $E_c$  сигнатури є середнім статистичним значенням сумарної ефективності сукупності МО:

$$E_c = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n E_{x_j}, \quad (7)$$

де  $n$  — кількість МО у сигнатурі.

Аналіз графічних залежностей [6, 8] свідчить про те, що інформаційна ефективність МО за відповідним параметром оцінюється втратами інформації — різницею між початковою ентропією  $H_0(A)$  і ентропією  $H_0(B/x_i)$  за параметром  $x_i$ , тобто ступенем невизначеності.

Величина ентропії моніторингової ознаки  $MO_{1n}$  за параметром  $x_1$  дорівнює

$$H_n(A/x_1) = -\sum_{j=1}^k p_j(A/x_{n_j}) \log p_j(A/x_{n_j}), \quad (8)$$

де  $n = 1, \dots, b$ .

Відповідні інформаційні втрати цих ознак будуть мати такі значення:

$$\Delta I_{1n} = H_0(A) - H_n(B/x_n). \quad (9)$$

Статистичні середні значення (або математичне сподівання для великого обсягу вибірки  $k$ ) величини втрати інформації  $\Delta I_1, \Delta I_2, \dots, \Delta I_m$  сигнатур визначаються як

$$\Delta I_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta I_{mi}. \quad (10)$$

У результаті сумарні втрати інформації (для кількості сигнатур  $s$ ) у процесі розпізнавання матимуть таку величину:

$$\Delta I_{\Sigma} = \frac{1}{m} \sum_{m=1}^s \Delta I_m = \frac{1}{mn} \sum_{m=1}^s \sum_{n=1}^s \Delta I_{mn}. \quad (11)$$

**БІГАУСІВСЬКА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СИГНАЛІВ ДЖЕРЕЛ  
РАДІОВИПРОМІНЮВАНЬ ЯК ІНФОРМАЦІЙНА ОСНОВА  
ЗАСТОСУВАННЯ СИГНАТУРНО-СИСТЕМНОГО МЕТОДУ**

На сьогодні аспектам аналізу та оброблення результатів вимірювання і визначення характеристик отриманих оцінок (вимогам до їхньої оптимальності, незміщеності, ефективності та обґрунтованості) присвячено чимало наукових робіт, які мають переважно загальнонауковий характер. При цьому залишається відкритим основне питання щодо адекватного вибору законів розподілу ймовірності похибок вимірювання та оцінювання. Більшість авторів віддають перевагу закону нормального розподілу (закону Гауса), що вже не завжди відповідає умовам процесу вимірювання та його показникам і призводить до отримання суттєвих похибок під час оцінювання параметрів спостережень ДОМ [9].

В умовах, коли завадовими є широкосмугові шумоподібні сигнали, гаусівська модель стає непридатною для аналізу та синтезу вимірювачів параметрів сигналів. Вимоги до оптимальності, незміщеності, ефективності та обґрунтованості отриманих оцінок порушуються. Тактико-технічні характеристики засобів моніторингу не відповідають характеристикам об'єктів моніторингу, що призводить до зниження точності вимірювання параметрів радіовипромінювань і, як наслідок, збільшення похибок під час визначення ознак і сигнатур. За таких умов СГСМ втрачає свою ефективність. У зв'язку з цим виникає потреба в застосуванні більш адекватної бігаусівської математичної моделі сигналів джерел радіовипромінювань, для якої необхідно отримати функціонал щільності розподілу білого бігаусівського шуму та вирази для спільного розподілу амплітуди та фази, фіксованих у довільний момент часу.

У роботі [10] проаналізовано загальні властивості бігаусівського розподілу, визначено характеристики обвідної та фази вузькосмугового бігаусівського сигналу, з'ясовано загальні властивості білого бігаусівського шуму та отримано рівняння для його щільності ймовірності.

Для вивчення й аналізу загальних властивостей бігаусівського (полігаусівського) розподілу обрано  $m$ -вимірну випадкову величину, яка має полігаусівську щільність розподілу ймовірності за обраним параметром  $z$ :

$$f_{PN}(z) = \sum_{k=1}^n q_k N_m(\mu_k + s, G_k), \quad (12)$$

де  $N_m$  — закон розподілу випадкової величини,  $G_k$  — невироджена матриця параметрів,  $q_k \geq 0$ ,  $\sum_{k=1}^n q_k = 1$ , — вагові коефіцієнти;  $s, \mu_k$  — вектори параметрів корисного і невідомого сигналів,  $n = 1, \dots, v$ ,  $m = 1, \dots, \omega$ .

Розглянемо випадки:

1)  $\mu_1 = -\mu_2 = \mu$ ,  $G_1 = G_2 = G$ ;

2)  $\mu_1 = -\mu_2 = 0$ ,  $G_k = \sigma_k^2 G_0$ ,  $G_0$  — початкова матриця параметрів,  $k = 1, 2$ ,  $q_1 = q_2 = 0.5$ .

У першому випадку розподіл (12) є бігаусівським і має вигляд

$$f_{PN}(z) = \frac{1}{2(2\pi)^{\frac{1}{2}m} |G|^{1/2}} \times \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}(z-\mu-s)^T G^{-1}(z-\mu-s)\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}(z+\mu-s)^T G^{-1}(z+\mu-s)\right] \right\} = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{1}{2}m} |G|^{1/2}} \exp\left[-\frac{1}{2}(z-s)^T G^{-1}(z-s) - \frac{1}{2}\mu^T G^{-1}\mu\right] \operatorname{ch}(z-s)^T G^{-1}\mu. \quad (13)$$

Математичне сподівання та кореляційна матриця випадкового вектора з таким розподілом дорівнюють:

$$E(\mu) = s, \quad D(\xi) = G + \mu\mu^T. \quad (14)$$

Якщо  $\mu \rightarrow 0$ , розподіл (13) стає гаусівським, а в іншому випадку може помітно відрізнятися від нього (рис. 1).

У другому випадку розподіл (12) можна записати у вигляді

$$f_{PN}(z) = \frac{1}{2(2\pi)^{\frac{1}{2}m} |G_0|^{1/2}} \left\{ \frac{1}{\sigma_1^m} \exp\left[-\frac{1}{2\sigma_1^m}(z-s)^T G_0^{-1}(z-s)\right] + \frac{1}{\sigma_2^m} \exp\left[-\frac{1}{2\sigma_2^2}(z-s)^T G_0^{-1}(z-s)\right] \right\}. \quad (15)$$

Математичне сподівання та кореляційна матриця випадкового вектора з таким розподілом дорівнюють

$$E(\mu) = s; \quad D(\xi) = \frac{1}{2}(G_1 + G_2) = \frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}{2} G_0. \quad (16)$$

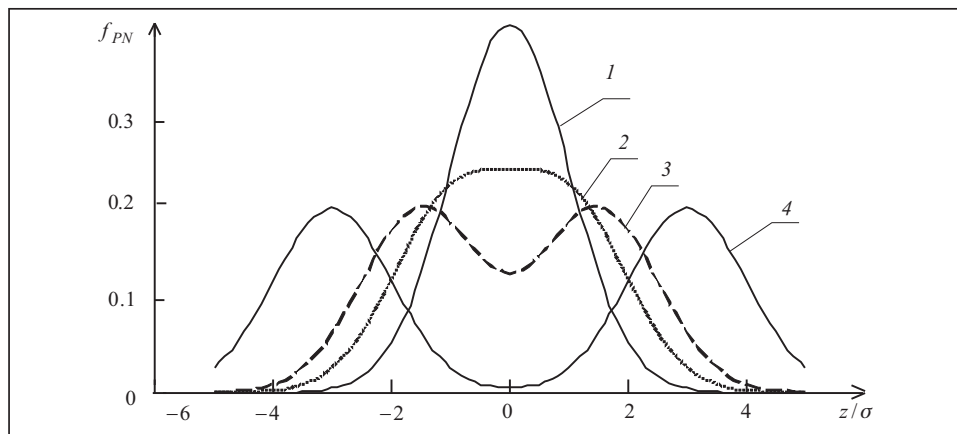


Рис. 1. Графіки полігаусівської щільності розподілу випадкової величини:  $\mu = 0$  (гаусівська щільність розподілу) (1);  $\mu = 1$  (унімодальна бігаусівська щільність розподілу) (2);  $\mu = 1.5$  (полігаусівська щільність розподілу зі слабо вираженими двома модами) (3);  $\mu = 3$  (полігаусівська щільність розподілу із сильно вираженими двома модами) (4)

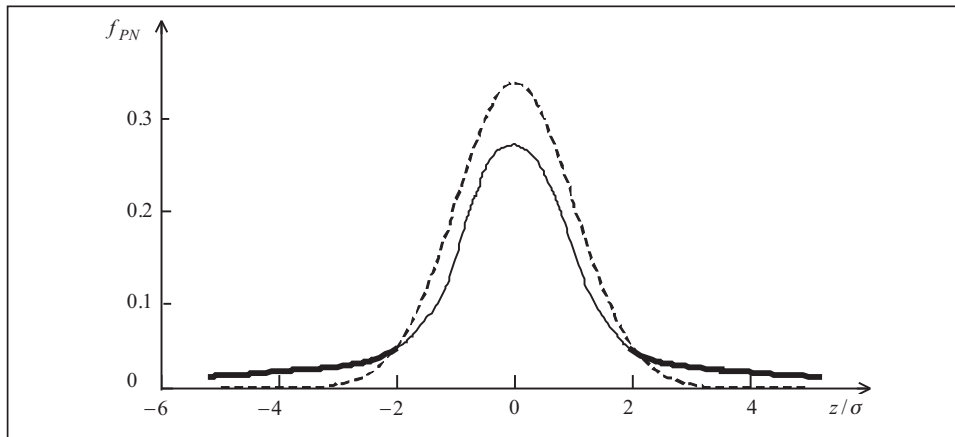


Рис. 2. Графік бігаусівського розподілу з «товстими» хвостами

За умови  $\sigma_1^2 \gg \sigma_2^2$  «хвости» розподілу (13) виявляються «товстими» і він стає відмінним від гаусівського. Існування таких «хвостів» свідчить про факт наявності результатів вимірювання аномального характеру. На рис. 2 для якісного порівняння наведено одновимірний гаусівський розподіл  $f_N(z)$  і одновимірний бігаусівський розподіл  $f_{PN}(z)$ , «хвости» якого позначено товстішими лініями (штриховою лінією показано гаусівський розподіл).

Незважаючи на те, що наведені вище твердження мають якісний характер, вони свідчать про неадекватність гаусівської моделі шумоподібних сигналів і є аргументом на користь переходу до бігаусівської моделі для застосування у СГСМ, оскільки вона має відчутні переваги.

#### МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ПРІОРИТЕТУ МОНІТОРИНГОВИХ ОЗНАК ФАЗОВОГО СТАНУ ОБ'ЄКТА МОНІТОРИНГУ

Застосування сигнатурно–системного методу на основі бігаусівської моделі надає змогу підвищити максимальну ймовірність правильного розпізнавання ДОМ порівняно із застосуванням класичного ССМ на 15 %, а також із загальним методом моніторингу (рис. 3) за рахунок збільшення загальної кількості використаних МО, при цьому значення похибок 1-го та 2-го роду є мінімальними. Проте під час реалізації СГСМ виникає проблемне завдання: потрібно визначити перелік і потрібну кількість ознак ДОМ та за визначеними МО сформувати відповідні сигнатури і встановити їхню раціональну кількість, щоб забезпечити максимальну величину ймовірності правильного розпізнавання.

На цей час розроблено певні методологічні підходи та методи виявлення МО відповідних ДОМ з визначенням їхніх фазових станів, використання яких надає змогу збільшити загальну кількість залучених МО, мінімізувати значення похибок, підвищити ймовірність правильного розпізнавання, а також, у разі потреби, обмежуватись неповними сигнатурами ДОМ. У [11] запропоновано процедуру розпізнавання фазових станів ДОМ на основі багатовимірного дискримінантного аналізу з побудовою оптимальної, за критерієм Фішера, дискримінантної функції. Процедура передбачає вибір множини найбільш інформативних МО, але їхня пріоритетність не визначається. Також є теоретико-інформаційний підхід [12] до оцінювання якості керування системою моніторингу, яка забезпечує відбір МО, визначення стану ДОМ та їхнє розпізнавання, але внаслідок доволі загального характеру цього підходу його не можна реалізувати на практиці.

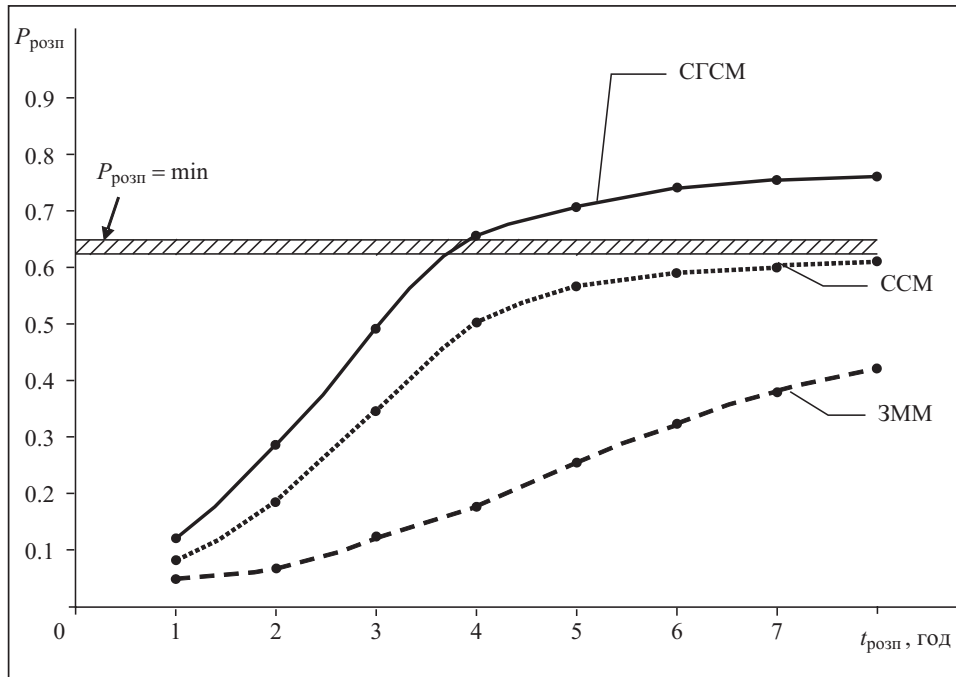


Рис. 3. Залежність ймовірності розпізнавання ОМ від часу моніторингу для різних методів моніторингу

З огляду на викладене, визначення оптимальної кількості МО, потрібної для забезпечення максимальної ймовірності  $P_{розп}$  правильного розпізнавання ДОМ та раціональної кількості сигнатур дасть змогу удосконалити СГСМ.

В основу методики покладено підхід, який ґрунтується на оцінюванні інформативності та важливості МО. Його суть полягає в тому, що на основі статистичної інформації (накопиченої за тривалий період часу) та оцінок досвідчених експертів визначається пріоритет цих МО для відповідного ДОМ на заданому інтервалі часу.

Для множини ДОМ  $W = \{R_j\}_{j=1}^J$ , де  $J$  — кількість ДОМ із множиною відповідних фазових станів  $S = \{S_j\}_{j=1}^J$ ,  $S_j = \{FC_i\}_{i=1}^{r_j}$ , де  $r_j$  — кількість фазових станів  $j$ -го ДОМ, існує множина моніторингових ознак фазових станів ДОМ  $F = \{MO_n\}_{n=1}^N$ , де  $N$  — кількість МО фазових станів ДОМ.

На основі визначених експертним шляхом коефіцієнтів важливості  $\lambda_{ij}$   $i$ -го фазового стану  $j$ -го ДОМ ( $\lambda_{ij} \in [0, 1]$ ) та інформативності  $K_{nij}$   $n$ -ї МО  $i$ -го фазового стану  $j$ -го ДОМ ( $K_{nij} \in [0, 1]$ ) виконаємо розрахунок коефіцієнта  $K_{V_{nij}}$  ваги  $n$ -ї МО  $i$ -го фазового стану  $j$ -го ДОМ. Коефіцієнт ваги  $K_{V_{nij}}$  розраховують як мінімум та як максимум значень  $\lambda_{ij}$  та  $K_{nij}$ :

$$K_{V_{nij}} = \min \{\lambda_{ij}, K_{nij}\} \quad (K_{V_{nij}} = \max \{\lambda_{ij}, K_{nij}\}). \quad (17)$$

Після отримання за (17) кількісних значень  $K_{V_{nij}}$  розраховують пріоритети МО  $PR_{\max-\min}$  за частковим (max-min)-критерієм та  $PR_{\max-\max}$  за частковим (max-max)-критерієм:

$$PR_{\max-\min} = \text{rang max} \{\min \{\lambda_{ij}, K_{nij}\}\}, \quad (18)$$

$$PR_{\max-\max} = \text{rang max} \{\max \{\lambda_{ij}, K_{nij}\}\}. \quad (19)$$



Далі пріоритет  $PR$  множини МО, яка повинна увійти до складу відповідної сигнатури, розраховують як мінімум суми пріоритетів МО, отриманих за частковими (max-max)- та (max-min)-критеріями:

$$PR = \min \{PR_{\max-\min} + PR_{\max-\max}\} = \\ = \min \{ \text{rang} \max \{ \min \{ \lambda_{ij}, K_{n_{ij}} \} \} + \text{rang} \max \{ \max \{ \lambda_{ij}, K_{n_{ij}} \} \} \}. \quad (20)$$

Запропоноване одночасне застосування часткових (max-min)- та (max-max)-критеріїв сприяє підвищенню точності та достовірності розрахунків пріоритетів МО у разі виявлення суперечності під час досліджень:

— з одного боку, у випадку застосування (max-min)-критерію у ситуаціях, коли  $\lambda_{ij}$  є максимальним, коефіцієнт  $K_{n_{ij}}$  може виявитися досить малим і, як наслідок, коефіцієнт  $K_{V_{n_{ij}}}$  також стає мінімальним. Аналогічна ситуація спостерігається, коли  $\lambda_{ij}$  є мінімальним, а коефіцієнт  $K_{n_{ij}}$  може виявитися досить великим і, як наслідок, значення  $K_{V_{n_{ij}}}$  також стає дуже малим;

— з іншого боку, у випадку застосування (max-max)-критерію, МО, яка буде мати найвищий коефіцієнт  $K_{n_{ij}}$ , також вважається найбільш пріоритетною. Однак підвищується вага тих МО, які або відповідають досить важливим фазовим станам ДОМ (незалежно від інформативності МО для відповідних фазових станів), або є найбільш імовірними (незалежно від важливості фазових станів ДОМ).

Запропонований інтегральний критерій мінімуму суми пріоритетів МО, отриманих за частковими (max-min)- та (max-max)-критеріями, усуває виявлену під час досліджень суперечність і збалансовує інформативність і важливість відповідної МО. Це надає змогу формувати сигнатуру відповідного ДОМ, який має певні фазові стани, з використанням пріоритетних МО.

Проведені розрахунки збігаються з аналітичними залежностями, що описують кількість МО ( $n = 4-6$ ), яка відповідає максимальному значенню ймовірності правильного розпізнавання ДОМ та мініальному значенню сумарної втрати інформації у процесі розпізнавання [6]. Збільшення кількості сигнатур розпізнавання ДОМ призводить до зменшення інформаційних втрат, але за кількості сигнатур більше чотирьох інформаційні втрати практично не змінюються, тому збільшення їхньої кількості є недоцільним.

## ВИСНОВКИ

Використання СГСМ є найбільш ефективним у моніторингових процесах, метою яких є виявлення, розпізнавання і класифікація ДОМ в умовах часткової або повної невизначеності вихідних даних за рахунок використання множини моніторингових ознак і сигнатур, що містять сукупність доступних для виявлення, аналізу та оцінювання кількісних параметрів ДОМ. Застосування у процесі досліджень полігаусівської моделі надасть змогу задати розподіли з «говстими» хвостами, які вказують на наявність аномальних похибок вимірювань.

У результаті застосування методики визначення пріоритету моніторингових ознак фазового стану об'єкта моніторингу у процесі досліджень розраховано раціональну кількість МО ( $n = 4-6$ ). Вона забезпечує фіксований рівень похибок 1-го та 2-го роду і максимальну величину ймовірності правильного розпізнавання ДОМ, що узгоджується з результатами розрахунку сумарних інформаційних втрат моніторингових ознак під час розпізнавання ДОМ [6].

Отже, пріоритизація моніторингових ознак фазового стану ДОМ надає змогу вдосконалити сигнатурно-системний метод здобування і оброблення інформації та підвищити ефективність його застосування для розв'язання відповідних завдань.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Аксенов Г.Н., Смирнов Ю.А. Основы обработки и анализа сигналов РЭС. Основы структурно-системного метода обработки данных радиоизлучений. Киев: КВИРТУ ПВО, 1989. 200 с.
2. Шуренок В.А. Використання алгоритмів нечіткого кластерного аналізу для забезпечення функціональної стійкості ієрархічного інформаційного процесу на етапі класифікації об'єктів радіомоніторингу. *Зб. наук. пр. Житомирського військового інституту імені С.П. Корольова*. 2013. № 7. С. 61–69.
3. Логачев С.В., Худов Г.В., Дзюбчук Р.В. Дослідження методів ідентифікації радіотехнічних вимірів при супроводі близько розташованих об'єктів. *Зб. наук. пр. Житомирського військового інституту імені С.П. Корольова*. 2013. № 8. С. 47–53.
4. Анисимов Б.В., Курчанов В.Д., Злобин В.К. Распознавание и цифровая обработка изображений. Москва: Высш. шк., 1993. 295 с.
5. Гриняев С.В. Борьба сетей. *Независимое военное обозрение*. 2002. № 2. С. 11–13.
6. Льяшов О.А. Оцінка інформативності моніторингових ознак і сигнатур та міри їх невизначеності при розпізнаванні джерел та об'єктів моніторингу в інформаційному середовищі телекомунікаційних систем. *Вісник НТУУ «КПІ». Серія Радіотехніка, Радіоапаробудування*. 2016. № 67. С. 77–83.
7. Ільницький А.І., Льяшов О.А. Інформативність моніторингових ознак і сигнатур та міра їх невизначеності при розпізнаванні джерел та об'єктів моніторингу. *Зб. наук. праць ЦНДІ ЗСУ*. 2009. Вип. 25. С. 27–40.
8. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. Москва: Наука, 1969. 576 с.
9. Заруднев І.І., Льяшов О.А., Коротич В.М. Бігаусівська математична модель сигналів об'єктів моніторингу. *Зб. наук. праць ЦНДІ ЗС України*. 2008. Вип. 23. С. 3–13.
10. Льяшов О.А. Бігаусівська математична модель сигналів джерел радіовипромінювань в інформаційному середовищі телекомунікаційних систем. *Кибернетика и системный анализ*. 2017. Т. 53, № 2. С. 107–113.
11. Смірнов Ю.О., Льяшов О.А. Процедура розпізнавання фазових станів складних об'єктів моніторингу. *Зб. наук. праць ЦНДІ ЗСУ*. 2007. Вип. 18. С. 3–13.
12. Льяшов О.А. Методика оцінки якості управління системою добування та обробки моніторингової інформації. *Труди академії*. Київ: НАОУ, 2002. № 39. С. 76–83.

Надійшла до редакції 22.01.2020

**О.А. Ильяшов, В.С. Комаров**

**УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИГНАТУРНО-СИСТЕМНОГО МЕТОДА  
С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИОРИТЕТНЫХ ПРИЗНАКОВ В СОСТАВЕ СИГНАТУР  
ОБЪЕКТОВ МОНИТОРИНГА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МАКСИМАЛЬНОЙ  
ВЕРОЯТНОСТИ ПРАВИЛЬНОГО РАСПОЗНАВАНИЯ**

**Аннотация.** Предложен подход к усовершенствованию сигнатурно-системного метода добывания и обработки информации путем приоритизации мониторинговых признаков в составе сигнатур источников (объектов) мониторинга с определением их рационального количества. Использование бигауссовской математической модели сигналов источников радиоизлучений и приоритетных мониторинговых признаков как информационного обеспечения сигнатурно-системного метода повысит эффективность его использования в условиях частичной или полной неопределенности исходных данных.

**Ключевые слова:** сигнатурно-системный метод, бигауссовская математическая модель сигналов источников радиоизлучений, мониторинговый признак, сигнатура.

**O. Ilyashov, V. Komarov**

**IMPROVEMENT OF THE SIGNATURE-SYSTEM METHOD BY APPLYING PRIORITY  
FEATURES IN THE SIGNATURES OF MONITORING OBJECTS TO ENSURE  
MAXIMUM PROBABILITY OF THEIR PROPER RECOGNITION**

**Abstract.** The paper is devoted to improving the signature system method of obtaining and processing information by prioritizing monitoring sign in the signatures of monitoring sources (objects) with the determination of their rational quantity. The use of the bi-Gaussian mathematical model of signals from radio emission sources and priority monitoring sign as information support for the signature system method will increase the efficiency of its use under partial or complete uncertainty of initial data.

**Keywords:** signature system method, bi-Gaussian mathematical model of signal sources from radio emitting, monitoring sign, signature.

**Ильяшов Александр Авксентійович,**

доктор військ. наук, професор, головний науковий співробітник Центрального науково-дослідного інституту Збройних Сил України, Київ, e-mail: [aleksandr.ilyashov@gmail.com](mailto:aleksandr.ilyashov@gmail.com).

**Комаров Володимир Сергійович,**

доктор військ. наук, старший науковий співробітник, начальник науково-дослідного управління Центрального науково-дослідного інституту Збройних Сил України, Київ, e-mail: [komarvld@ukr.net](mailto:komarvld@ukr.net).