

**ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНІВ КВАЗІСТАЦІОНАРНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗАСОБАМИ  
ЛОГІКО-СТАТИСТИЧНОГО ОПРАЦЮВАННЯ**

*В статті пропонується метод діагностування передаварійних та аварійних станів за допомогою логіко-статистичних інформаційних моделей. Описано типи логіко-статистичних інформаційних моделей та характеристики кореляційних функцій. Наведені структурні схеми логіко-статистичних інформаційних моделей. Охарактеризовано квазістаціонарні логіко-статистичні та кластерні інформаційні моделі. Наведена теорія можливих переходів квазістаціонарних об'єктів управління в різні стани.*

*Ключові слова: логіко-статистичні інформаційні моделі, спецпроцесор, аварійні та перед аварійні ситуації, кластерні моделі.*

N.H. SHYRMOVSKA, H.I. LEVYTSKA, M.I. HUCHII  
Ivano-Frankivskyi natsionalnyi tekhnichniy universytet nafty i hazu

**DIAGNOSTICS OF QUASI-STATIONARY OBJECTS BY MEANS LOGICAL STATISTICAL PROCESSING**

*The paper proposed a method of diagnosis of pre and emergency conditions using logical and statistical information models. We describe the types of logical and statistical information models and characteristics of the correlation functions. These diagrams logical and statistical information models. Characterized quasistationary logical-statistical and cluster information models. Present theory possible transitions quasistationary facilities management in different states.*

*Keywords: logical and statistical information models, special processors, emergency and emergency situations before, cluster model.*

**Вступ**

Розробка проблемно-орієнтованих розподілених комп'ютерних систем є актуальною задачею оскільки вони ефективно використовуються для діагностування технологічних, інформаційних, семантичних, передаварійних та аварійних станів складних промислових об'єктів. В якості програмно-математичного інструмента може бути ефективно використана теорія моделей подання знань, кластерні моделі та логіко-статистичні інформаційні моделі (ЛСІМ).

На низовому рівні розподілених комп'ютерних систем не завжди доцільно формувати інформаційні потоки в базисі Радемахера та передавати цифрові дані на вищі рівні для побудови моделей. Більш ефективний варіант полягає в тому, щоб формувати моделі на низовому рівні і на вищій рівень передавати оброблені дані, що значно зменшить їх надлишковість, розвантажить канали зв'язку і обчислювальні машини на вищих рівнях.

**Опис логіко-статистичних інформаційних моделей**

В табл.1 представлені типи стаціонарних логіко-статистичних інформаційних моделей (ЛСІМ).

Перша логіко-статистична інформаційна модель характеризується наступними недоліками:

- відсутність контролю відхилення по динаміці, фазі, зміні спектру та зміні глобальної дисперсії;
- гіперчутливість при миттєвих відхиленнях від норми, що призводить до великої кількості переривань на рівні сервера;
- низька швидкодія для виявлення аварії, оскільки час тратиться на передавання інформації про відхилення на сервер, діагностування цієї ситуації та передачу сигналів управління на об'єкт.

Тому в роботі запропоновано використання інших логіко-статистичних інформаційних моделей, в яких на основі структурної кореляційної функції здійснюється контроль відхилення по динаміці, на основі коефіцієнта взаємодії здійснюється контроль відхилення по фазі, на основі спектральної функції у базисі Фур'є здійснюється контроль відхилення на змїну спектра і на основі матриці коефіцієнтів взаємодії здійснюється обчислення глобальної дисперсії, що розширює можливості комп'ютеризованої системи діагностування та підвищує її інформативність.

**Спецпроцесори формування діагностичних інформаційних потоків**

На низовому рівні моделі джерела інформації (ДІ) можна реалізувати апаратними засобами у вигляді формувачів. В [1] показано структурні схеми різних типів автоматичних цифрових кореляторів, які формують цифрові значення кореляційних оцінок. Аналогічні схеми для формування логіко-статистичних моделей (табл.2) мають найбільші коефіцієнти стиснення даних [2–4].

Аналіз структурних схем процесорів, наведених в табл. 2, показує, що вони характеризуються наявністю однакових операторів в початковій та кінцевій частинах, що виконуються одноразово для кожного прийнятого пакету даних:

- 1) start “ $\wedge$ ”;
  - 2) операція присвоєння стартових характеристик даних  $D$ , регістра стартової позиції генератора Галуа  $G_0$  та лічильника помилок  $*_i = 0$ ;
  - 3) stop “ $\vee$ ”;
  - 4) перевірка наявності помилок  $*_i = 0$ ;
- вивід даних та помилок.

Типи стаціонарних ЛСІМ

Тип ЛСІМ	Аналітичний вираз	Продукційна модель джерела інформації
ЛСІМ-1 контроль відхилення по амплітуді	$L_1 = \begin{cases} 0, & X_i \in \varepsilon_1 \\ 1, & X_i \notin \varepsilon_1 \end{cases}$	
ЛСІМ-2 контроль відхилення по динаміці	$L_2 = \begin{cases} 0, & C_{xx}(j) < \varepsilon_2 \\ 1, & C_{xx}(j) \geq \varepsilon_2 \end{cases}$	
ЛСІМ-3 контроль відхилення по фазі	$L_3 = \begin{cases} 0, & \rho_{xy} > 0 \\ 1, & \rho_{xy} \leq 0 \end{cases}$	
ЛСІМ-4 реагує на зміну спектра	$L_4 = \begin{cases} 0, & S(\omega) > 0 \\ 1, & S(\omega) \leq 0 \end{cases}$	
ЛСІМ-5 реагує на зміну глобальної дисперсії	$L_5 = \begin{cases} 0, & D > \varepsilon_5 \\ 1, & D \leq \varepsilon_5 \end{cases}$	

Тут  $\varepsilon_1$  – апертура по амплітуді,  $\varepsilon_2$  – апертура по динаміці,  $C_{xx}$  – структурна автокореляційна модель,  $D$  – глобальна дисперсія,  $\varepsilon_5$  – апертура зміни глобальної дисперсії.

Таблиця 2

Реалізація ЛСІМ за структурною схемою

ЛСІМ	Структурна схема формування ЛСІМ
Перша ЛСІМ	
Друга ЛСІМ	
Третя ЛСІМ	
Четверта ЛСІМ	

Інша група операторів виконується  $2^n$  – разів для кожного пакету прийнятих даних і їх обчислювальну складність доцільно порівнювати в діапазоні одного циклу, який відповідає ідентифікації виявлення або виправлення помилки в одному біті даних.

Аналіз обчислювальної складності алгоритмів цифрового оброблення симетричних сигнальних кодів на основі експертних оцінок базується на визначенні алгоритмічної складності окремих програмних модулів, які включають арифметико-логічні операції.

Аналіз системних характеристик складності розроблених алгоритмів опрацювання симетричних сигнальних кодів доцільно виконати на основі SH-моделі алгоритму (SH Software/Hardware), яка запропонована професором М. Черкаським [5] і описується функціоналом:

$$B = (D, Q, q_0, q_f, G, P, M), \quad (1)$$

де  $D$  – кінцева множина символів зовнішнього алфавіту;  
 $Q$  – кінцева множина станів SH-моделі;  
 $q_0$  і  $q_f$  – початковий і кінцевий стани,  $q_0, q_f \in Q$ ;  
 $G$  – конфігурація апаратних засобів моделі;

$P$  – програма,  $P = \{y_i \mid i = 1, l\}$ ;

$M$  – пам'ять.

$$G = (X, U), \quad (2)$$

де  $X$  – множина елементарних перетворювачів;  
 $U$  – множина між'єднань.

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}; \quad U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}. \quad (3)$$

Визначення елементарних перетворювачів в програмно-апаратному засобі дозволяє розширити список властивостей і характеристик комп'ютерного алгоритму та включає перетворення деякої сукупності початкових даних в сукупність вихідних даних  $d$ :

$$x_i = \{d_i\} \rightarrow \{d_i\}.$$

При цьому елементарний  $i$ -й перетворювач  $x_i$  є одиницею апаратної складності і характеризується одиничною часовою складністю:

$$\forall i, l_i = 1.$$

При проектуванні мікроелектронних комп'ютерних засобів на основі сучасної елементної бази типу програмовано-логічних матриць (ПЛМ) в якості елементарного перетворювача найчастіше вибирають окремих вентилювальних, який є компонентом логічних елементів та інших більш складних структур процесорних елементів.

Таким чином, згідно з визначенням існуючого поняття SH-моделі алгоритму апаратна складність визначається сумарною кількістю елементарних перетворювачів і елементів пам'яті деякого рівня апаратних засобів [6]:

$$A = |X|,$$

де  $X$  – множина елементів схеми.

Часова складність SH-моделі визначається кількістю елементарних перетворювачів, розташованих вздовж максимального критичного шляху розповсюдження сигналу і дорівнює

$$L = |\max X_i|,$$

тобто максимальному сумарному часу затримки сигналів.

Програмна складність визначається логарифмічною мірою ступеня нерегулярності (ентропії) розташування сигналів керування часової діаграми SH-моделі:

$$P = -F \log_2 F / n \cdot t; \quad \text{де} \quad F = \sum f_i, \quad (4)$$

де  $n$  – кількість входів керування;

$t$  – кількість дискретів часу часової діаграми;

$f_i$  – кількість сигналів керування  $l$ -го фрагмента часової діаграми для обраного рівня ієрархії побудови апаратних засобів;

$l$  – кількість фрагментів часової діаграми, конфігурації яких не повторюються.

Структурна складність алгоритмічного пристрою – це ступінь регулярності матриці суміжності:

$$S = -F \log_2 E / q \cdot r, \quad (5)$$

де  $E$  – кількість елементів матриці суміжності системи;

$q \cdot r$  – розмір матриці.

Часову складність спецпроцесорів визначають ЛСІМ-1÷4 на основі структурних схем, наведених в

табл. 2, та розрахункових даних часової складності компонентів спецпроцесорів, наданих в [3], розраховуємо, згідно з виразами:

$$\begin{aligned} \tau_1 &= \tau_k + \tau_{LE} + \tau_{LE} = 10v + 1v + 1v = 12v, \\ \tau_2 &= \tau_{АЦП} + \tau_T + \tau_x + \tau_\Sigma + \tau_{ЦАП} + \tau_k = 13v + 2v + 48v + 52v + 5v + 10v = 160v, \\ \tau_3 &= \tau_{АЦП} + \tau_T + \tau_\Sigma + \tau_- + \tau_x + \tau_\Sigma = 13v + 2v + 16v + 16v + 48v + 32v = 127v, \\ \tau_4 &= \tau_{СФ} + \tau_{АЦП} + \tau_x + \tau_\Sigma + \tau_{ЦАП} + \tau_k + \tau_{LE} = 120v + 13v + 48v + 16v + 5v + 1v + 1v = 205v. \end{aligned} \tag{6}$$

Результати обчислень наведені на діаграмі (рис. 1). З діаграми видно, що найбільшою часовою складністю характеризується ЛСІМ-2 та ЛСІМ-4, що обумовлено тим, що ЛСІМ-2 та ЛСІМ-4 містять компоненти перемноження та ЦАП. ЛСІМ-4 ще додатково містить цифровий смуговий фільтр.

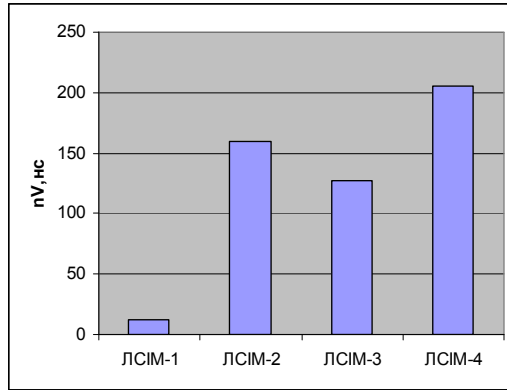


Рис. 1. Діаграми часової складності процесорів визначення ЛСІМ

Результати аналізу апаратної складності спецпроцесорів на основі ЛСІМ показано в табл. 3 і на діаграмі апаратної складності (рис. 2).

Таблиця 3

Апаратна складність

	К	АЦП	СФ	$\Sigma$	$\times$	ЦАП	ЛЕ	T	-
ЛСІМ-1	2						2		
ЛСІМ-2	1	1		1	1	1		m	
ЛСІМ-3		2		2+1	m			2m	2m
ЛСІМ-4	k	k	k	k	k	k			
Оцінка апаратної складності	5	46	400	0.16 0.32 0.52	1.28	24	0.1	0.5	0.16

$$\begin{aligned} k &= 4; \quad m = 16; \\ ЛСІМ - 1 &= 10 + 0.2 = 10.2; \\ ЛСІМ - 2 &= 5 + 46 + 0.52 + 1.28 + 24 + 16 \cdot 0.5 = 8.48; \\ ЛСІМ - 3 &= 2 \cdot 46 + 2 \cdot 0.16 + 0.32 + 16 \cdot 1.28 + 2 \cdot 16 \cdot 0.5 + 2 \cdot 16 \cdot 0.16 = 134.24; \\ ЛСІМ - 4 &= 4 \cdot 5 + 4 \cdot 46 + 4 \cdot 400 + 4 \cdot 0.16 + 4 \cdot 1.28 + 4 \cdot 24 = 1905.76. \end{aligned}$$

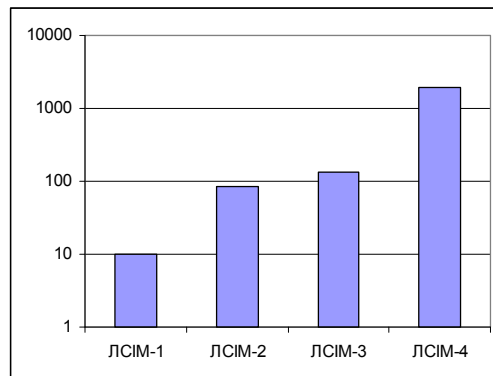


Рис. 2. Діаграма апаратної складності

Викладені основи формування спецпроцесорів на основі ЛСІМ та розраховані часова і апаратна складність дозволяють визначити перспективність їх використання для розробки засобів діагностування, прогнозування, передбачення та виявлення передаварійних та аварійних станів технологічних об'єктів управління.

#### Метод діагностування передаварійних та аварійних станів на основі логіко-статистичного опрацювання

У цьому аспекті недоліками відомих методів [6, 7] є звужені функціональні можливості й інформативність, обумовлені тим, що контроль вимірюваного значення параметрів з граничними уставками відбувається тільки по амплітуді контрольованих параметрів технологічного процесу, що за незначних короткотривалих відхиленнях параметрів від норми можуть утворювати імпульсні та інші завади, призводити до гіперчутливості технологічного процесу через відсутність можливості контролю відхилення від норми технологічних параметрів статистичних значень ковзного математичного сподівання, середньостатистичної динаміки обчислення ковзної структурної кореляційної функції та ковзних нормованих коефіцієнтів взаємкореляції між різними парами технологічних параметрів, що суттєво звужує функціональні можливості й інформативність методу. Іншим недоліком відомого методу є не врахування квазістаціонарності об'єкта контролю і аналіз всіх параметрів об'єкта, в той час як в кожному квазістаціонарному стані число контролю параметрів є суттєво меншим. Наприклад, при контролі установок буріння загальне число параметрів може сягати 32, в той час як в кожному стані необхідно контролювати не більше 12, можуть існувати такі стани об'єкта контролю як "очікування", "ремонт", "простій", "аварія", коли реєструється тільки час перебування об'єкта в одному з названих станів.

Поставлена задача розв'язується тим, що запропонований метод включає циклічний вимір значень кожного параметра і їх запам'ятовування. Визначення стану технологічного процесу шляхом порівняння вимірюваних значень параметра з граничними ідентифікується станом квазістаціонарного об'єкта, який виділяє для контролю певний ансамбль інформаційних контрольованих параметрів технологічного процесу зі всього числа, обчислюються ковзні статистичні характеристики математичного сподівання, згідно з виразом

$$L_1 = \begin{cases} 0, a_1 < M_j < a_2 \\ 1, a_1 \geq M_j \geq a_2 \end{cases}, \quad (7)$$

де  $M_j = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i+j}^{n+j} x_{i+j}$ ,  $i=1,2,\dots,l$  – число контрольованих параметрів технологічного об'єкта, структурної кореляційної функції, згідно з виразом

$$L_2 = \begin{cases} 0, b_1 < C_{xx}(j) < b_2 \\ 1, b_1 \geq C_{xx}(j) \geq b_2 \end{cases}, \quad (8)$$

де  $C_{xx}(j) = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i+j}^{n+j} (x_i - x_{i-j})^2$ ,  $j = \overline{0, m}$ , та коефіцієнтів нормованої взаємкореляції між двома параметрами, згідно з виразом

$$L_3 = \begin{cases} 0, 0 < \rho_{xy} < 1 \\ 1, 0 \geq \rho_{xy} \geq -1 \end{cases}, \quad (9)$$

де  $\rho_{xy} = \frac{R_{xy}(0)}{\sigma_x \cdot \sigma_y}$ ,  $\sigma_x^2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i+j}^{n+j} (x_i - M_{xj})^2$ ,  $\sigma_y^2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i+j}^{n+j} (y_i - M_{yj})^2$ , які порівнюються з граничними уставками.

Уведення ідентифікатора стану квазістаціонарного об'єкта та порівняння ковзних статистичних характеристик математичного сподівання, структурної автокореляційної функції та нормованого коефіцієнту взаємкореляції дозволяє розширити функціональні можливості й інформативність способу контролю параметрів технологічного процесу.

Розроблена система контролю (рис. 3) містить датчики вимірів параметрів 1, 1-2, ..., 1-n, блок збору інформації 2, до інформаційного входу якого підключені датчики 1-1, 1-2, ..., 1-n, пульт оператора 3, пристрій підготовки інформації 4, першу шину 5, що з'єднує пристрій підготовки інформації 4 і пульт оператора 3, другу шину 6, що з'єднує пристрій підготовки інформації 4 і блок збору інформації 2, блок введення інформації 1, третю шину 8, що з'єднує блок виведення інформації 7 і пристрій підготовки інформації 4, шину 9, що з'єднує пульт оператора 3 і блок збору інформації 2.

Блок збору інформації 2 призначений для видачі по сигналу ідентифікації стану об'єкта контролю від пульта 3 кодів значень вимірюваних параметрів і передачі їх в пристрій підготовки інформації 4.

Коди вимірюваних значень, які передаються по шині 6 супроводжуються кодом стану об'єкта  $S_j$ , які передаються по шині 5 з пульта оператора 3 в блок попередньої підготовки інформації 4.

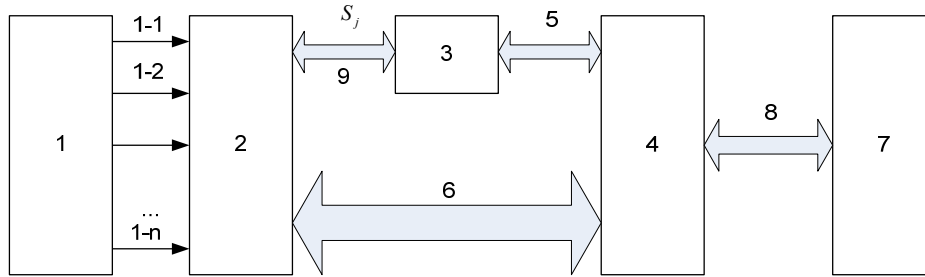


Рис. 3. Структурна схема системи контролю параметрів технологічного процесу

Пристрій підготовки інформації 4 являє собою програмний контролер, що реалізує паралельне опитування датчиків і перетворення кодів вихідних величин датчиків, отриманих від блоку збору інформації 2 у значення відповідних параметрів. На виході блоку збору інформації 2 за допомогою шини 6 в пристрій підготовки інформації поступає набір кодів ансамблю параметрів, які визначаються кодом станом управління  $S_j$ , що поступає з пульта оператора 3 шиною 9 в блок збору інформації 2. Необхідність паралельного формування кодів параметрів об'єкту, які поступають у пристрій підготовки інформації 4, обумовлено необхідністю виключення ефектів старіння інформації, які можуть виникати при організації циклічного опитування датчиків і негативно впливають на розрахунок структурної кореляційної функції та коефіцієнтів нормованої взаємної кореляції.

Процес виміру значення параметрів запропонованим методом здійснює:

- подачу з пульта оператора 3, сигнал стану об'єкта  $S_j$  по шині 9 подається в блок збору інформації 2, а по шині 5 - в пристрій підготовки інформації 4;
- прийом і розшифровку сигналу виклику ансамблів  $n$  з  $m$  параметрів блоку збору інформації 2 і видачу кодів з його багатоканального аналого-цифрового перетворювача (АЦП на кресленні не показаний) в пристрій підготовки інформації 4;
- перетворення і запам'ятовування отриманих значень кодів параметрів;
- визначення стану технологічного процесу;
- виведення значення параметрів оператора.

Запропонований метод діагностування передбачає наступні види контролю, виконувани в приведеному нижче порядку:

- контроль перебування отриманого значення ковзного математичного сподівання  $M_j$  контрольованих параметрів в області можливих значень норми;
- контроль середньостатистичної динаміки  $C_{xx}(j)$  станів об'єкта по кожному параметру в області можливих значень норми;
- контроль нормованих коефіцієнтів взаємкореляції між кожною парою параметрів  $\rho_{xy}$  в області можливих значень норми.

#### Порівняння характеристик запропонованого та відомих методів

В табл. 4 наведено порівняння характеристик запропонованого та відомих систем контролю параметрів технологічного процесу згідно з критерієм оцінки ефективності у вигляді відношення:

$$\eta = \frac{I_1}{I_0},$$

де  $I_1, I_0$  – експертні оцінки інформативності запропонованого та існуючих методів діагностування квазістаціонарних об'єктів;

$\eta$  – коефіцієнт зростання інформативності запропонованого методу діагностування.

Оцінки алгоритмічної складності різних аналітичних виразів, які використовуються для контролю параметрів технологічних процесів розраховуються згідно з обчислювальною складністю відповідно алгоритму:

1. Операція контролю відхилення по амплітуді  $A_1$  виконується шляхом порівняння поточного значення параметра  $X_i$  та граничної апертури  $\varepsilon_1$ .

2. Визначення ковзного математичного сподівання потребує  $m$  тактів сумування значень  $X_i$  та відкидання від суми молодших розрядів отриманого коду, тобто, дана оцінка визначається згідно з виразом

$$A_2 = m \cdot k + 1,$$

де  $k$  – розрядність АЦП цифрового представлення  $X_i$ ;

"1" – операція відкидання молодших розрядів коду  $M_x$ .

Експертні оцінки					
№ п/п	Типи операцій	Характеристики операцій діагностування			
		Інформативність	$\eta$	Алгоритмічна складність	Аналітичний вираз
1	Контроль відхилення по амплітуді	2	1	4	$L_1 = \begin{cases} 0, & X_i \in \varepsilon_1 \\ 1, & X_i \notin \varepsilon_1 \end{cases}$
2	Контроль на основі ковзного математичного сподівання	6	3	33	$L_1 = \begin{cases} 0, & a_1 < M_j < a_2 \\ 1, & a_1 \geq M_j \geq a_2 \end{cases}$
3	Контроль на основі структурної автокореляційної функції	12	9	385	$L_2 = \begin{cases} 0, & b_1 < Cxx(j) < b_2 \\ 1, & b_1 \geq Cxx(j) \geq b_2 \end{cases}$
4	Контроль на основі нормованого коефіцієнта взаємкореляції	32	30	608	$L_3 = \begin{cases} 0, & 0 < \rho_{xy} < 1 \\ 1, & 0 \geq \rho_{xy} \geq -1 \end{cases}$

3. Обчислення структурної кореляційної функції потребує  $n$  операцій віднімання  $x_i - x_j$ , піднесення отриманих різниць до квадрату, їх сумування та відкиданням молодших розрядів отриманих кодів, тобто обчислюється згідно з виразом

$$A_3 = n \cdot k + 2 \cdot n \cdot k + 1,$$

де  $n \cdot k$  – складність операції віднімання та сумування;  
 $2 \cdot n \cdot k$  – операція піднесення до квадрату;  
 "1" – операція відкидання молодших розрядів.

4. Обчислення нормованого коефіцієнту взаємкореляції потребує  $n$  операцій перемноження  $x_i \cdot y_i$  та сумування, де  $y_i$  – еталонні значення станів об'єктів управління, однієї операції відкидання молодших розрядів в кодї суми добутків. Крім того, 2-х процесів обчислення середньоквадратичного відхилення, тобто, розраховується згідно з виразом

$$A_4 = 2 \cdot n \cdot (2 \cdot k + 1) + 8 \cdot k,$$

що демонструється на діаграмах (рис. 4, 5).

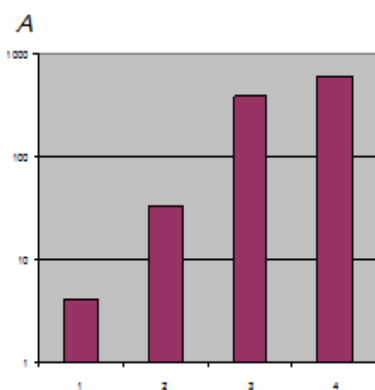


Рис. 4. Діаграма алгоритмічної складності методів діагностування

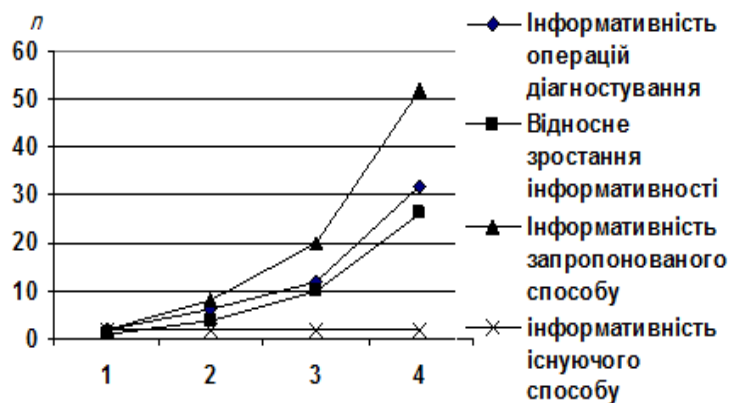


Рис. 5. Коефіцієнт інформативності існуючого методу діагностування

Запропонований метод діагностування, який ідентифікує стани квазістаціонарного об'єкту на основі розробленої логіко-статистичної інформаційної моделі, шляхом порівняння ковзних статистичних характеристик, математичного сподівання, структурної автокореляційної функції та нормований коефіцієнт взаємкореляції дозволяє збільшити функціональні можливості й інформативність. Отримана діаграма демонструє зростання алгоритмічної складності та показано графік зростання коефіцієнта ефективності.

Література

1. Грибанов Ю.И. Автоматические цифровые корреляторы / Грибанов Ю.И., Веселова Г.П., Андреев В.Н. – М. : Энергия, 1971. – 240 с.
2. Николайчук Я.М. Теорія джерел інформації : [монографія] / Николайчук Я.М. – Тернопіль : ТНЕУ, Економічна думка, 2008. – 396 с.
3. Николайчук Я.М. Проектування спеціалізованих комп'ютерних систем : [навчальний посібник] / Николайчук Я.М., Возна Н.Я., Пітух І.Р. – Тернопіль : ТзОВ «Терно-граф», 2010. – 392 с.
4. Николайчук Я.М. Теоретичні основи та інформаційні технології побудови логіко-статистичної інформаційної моделі (ЛСІМ-4) на основі контролю спектральних характеристик об'єктів управління / Я.М.Николайчук, І.В.Андрушко, І.Р.Пітух // Міжнародний науково-технічний журнал "оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології." – 2006. – № 12. – С. 110–118.
5. Черкаський М.В. Універсальна SH-модель / М.В. Черкаський, Мурад Хусейн Халіл // Комп'ютерні системи та мережі. Вісник НУ «Львівська політехніка». – Львів, 2004. – №523. – С.150–154.
6. Николайчук Я.М. Моделі джерел інформації та методи їх представлення / Я.М. Николайчук, А.І. Сегін // Методи та прилади контролю якості. – № 2. – 1998. – С. 80–84.
7. Ширмовська Н.Г. Діагностування аварійних та передаварійних станів об'єктів на основі інформаційних моделей джерел інформації / Н.Г. Ширмовська // Тези доповіді на проблемно-науковій міжгалузевій конф. "Інформаційні проблеми комп'ютерних систем, юриспруденції, економіки та моделювання"-Бучач, 2009.

References

1. Hrybanov Yu.Y., Veselova H.P., Andreev V.N. Avtomatycheskye tsyfrovyye korreliatory. M. Enerhiya. 1971. 240 p.
2. Nykolaichuk Ya.M. Teoriia dzherel informatsii. Ternopil. TNEU. Ekonomichna dumka. 2008. 396 p.
3. Nykolaichuk Ya.M., Vozna N.Ya., Pitukh I.R. Proektuvannya spetsializovanykh kompiuternykh system. Ternopil. TzOV «Terno-hraf». 2010. – 392 p.
4. Nykolaichuk Ya.M., Andrushko I.V., Pitukh I.R. Teoretychni osnovy ta informatsiini tekhnolohii pobudovy lohiko-statystychnoi informatsiinoi modeli (LSIM-4) na osnovi kontroliu spektralnykh kharakterystyk obiektiv upravlinnia. Mizhnarodnyi naukovo-tekhnichnyi zhurnal "optyko-elektronni informatsiino-enerhetychni tekhnolohii." 2006. # 12. P. 110–118.
5. Cherkaskyi M.V., Murad Khusein Khalil. Universalna SH-model. Kompiuterni systemy ta merezhi. Visnyk NU «Lvivska politekhnik». Lviv. 2004. #523. P.150–154.
6. Nykolaichuk Ya.M., Sehin A.I. Modeli dzherel informatsii ta metody yikh predstavlennia. Metody ta pryklady kontroliu yakosti. # 2. 1998. P. 80–84.
7. Shyrmovska N.H. Diahnostuvannya avariinykh ta peredavariinykh staniv obiektiv na osnovi informatsiinykh modelei dzherel informatsii. Conference "Informatsiini problemy kompiuternykh system, yurysprudentsii, ekonomiky ta modeliuvannia". Buchach. 2009.

Рецензія/Peer review : 7.3.2013 р. Надрукована/Printed :7.4.2013 р.  
Рецензент: д.т.н., проф. Горбійчук М.І.