

УДК 004.93'11:004.942

**О. О. Фомін**, канд. тех. наук

Одеський національний політехнічний університет, м. Одеса

## **ФОРМУВАННЯ ПРОСТОРУ ДІАГНОСТИЧНИХ ОЗНАК НА ОСНОВІ ПЕРЕТИНІВ ЯДЕР ВОЛЬТЕРРА**

Розглядається клас задач непрямого контролю і діагностики складних неперервних нелінійних динамічних об'єктів різної фізичної природи. Ці задачі відносяться до класу задач індуктивного моделювання, суть яких полягає в переході від емпіричної інформації до математичної моделі з метою здобуття нових знань і прийняття рішень в умовах істотної неповноти і апріорної невизначеності інформації.

Метою роботи є підвищення достовірності діагностичної процедури на основі формування інформативних просторів ознак для створення ефективних інструментальних засобів діагностування об'єктів різної природи.

В роботі розглядається метод модельної діагностики нелінійних динамічних об'єктів, заснований на описі об'єктів у вигляді інтегро-ступеневих рядів Вольтерра, багатовимірні ядра яких використовуються при побудові простору діагностичних ознак.

Запропоновано метод формування простору діагностичних ознак на основі ядер Вольтерра шляхом спрямованого перебору довільних перетинів ядер, який на відміну від існуючого методу, що використовує для формування простору діагностичних ознак діагональних перетинів ядер здатний істотно збільшити достовірність діагностування. Наведено покроковий алгоритм формування простору діагностичних ознак, який полягає в послідовному виконанні операцій ідентифікації об'єкта діагностування, формування сімейства діагностичних моделей об'єкта, побудові класифікатора станів і вибору підсумкового простору діагностичних ознак.

У задачі діагностування станів тестового нелінійного динамічного об'єкта використання інформації у вигляді перетинів ядер Вольтерра, відмінних від діагонального, дозволило збільшити достовірність діагностичної процедури на 24%

Встановлено, що найбільш повну інформацію для діагностування станів об'єкта досліджень дає ядро другого порядку. Аналіз діагностичної цінності формуються на основі функції діагонального перетину ядра Вольтерра другого порядку просторів ознак показав, що найбільш високою інформативністю володіє початкова область перетину, відповідна першим трьом відлікам.

**Ключові слова:** *інформаційні технології, діагностика неперервних систем, діагностичні моделі, моделі Вольтерра, ідентифікація, класифікація, достовірність діагностування.*

**Вступ.** Останнім часом, все більший інтерес при визначенні працездатності складних об'єктів викликає перехід до оцінки його фактичного технічного стану. Цей напрям обумовлює активний розвиток

засобів і методів технічної діагностики. При цьому великий інтерес представляють задачі непрямого контролю і діагностики складних неперервних нелінійних динамічних об'єктів різної фізичної природи. Ці задачі відносяться до класу задач індуктивного моделювання, суть яких полягає в переході від емпіричної інформації до математичної моделі з метою здобуття нових знань і прийняття рішень в умовах істотної неповноти і апріорної невизначеності інформації.

Використання існуючих автоматизованих систем діагностування (АСД) для рішення подібних задач обмежується дією протиріччя: з одного боку технічне обслуговування на основі показників фактичного стану об'єктів висуває підвищені вимоги до достовірності результатів діагностування, а з іншого — діагностування в умовах неповної апріорної інформації про об'єкт дослідження та дії завод при вимірюванні його параметрів для формування первинного опису, що заважає отриманню високої достовірності діагнозу.

Розв'язання цього протиріччя є перспективною і актуальною задачею, яка може бути вирішена шляхом побудови інтегральних нелінійних динамічних моделей і методів їх параметризації для формування інформативних діагностичних просторів в умовах неповної апріорної інформації.

**Метою роботи** є підвищення достовірності діагностичної процедури на основі формування інформативних просторів ознак для створення ефективних інструментальних засобів діагностування об'єктів різної природи.

**Огляд літератури.** Існуючі методики модельної діагностики, засновані на використанні динамічних характеристик, обмежуються тільки лінійними моделями [1], а методики, засновані на обліку ефектів нелінійності, використовують інформацію тільки про властивості статичних характеристик [2]. Реальні об'єкти, як правило, одночасно володіють і нелінійними і динамічними властивостями.

Для універсального опису об'єктів діагностування (ОД) невідомої структури доцільно використовувати нелінійні непараметричні динамічні моделі на основі інтегродіференціальних рядів Вольтерра (РВ) — моделі Вольтерра, головною особливістю яких є одночасне і компактне урахування нелінійних і динамічних властивостей ОК у вигляді багатовимірних вагових функцій — ядер Вольтерра (ЯВ) [2, 3].

### **Виклад основного матеріалу.**

#### *1. Нелінійні непараметричні динамічні моделі.*

Ряди Вольтерра від багатьох функціональних аргументів  $x_1(t), \dots, x_n(t)$  застосовуються при описі нелінійних багатовимірних систем:

$$y_j(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{i_1=1}^n \dots \sum_{i_n=1}^n \int_0^t \dots \int_0^t w^j_{i_1 i_2 \dots i_n}(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n) \prod_{k=1}^n u_{i_k}(t - \tau_k) d\tau_k, \quad (1)$$

де  $w_{i_1, i_2, \dots, i_n}^j(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n)$  — багатовимірні вагові функції або ядра Вольterra (ЯВ)  $n$ -го порядку з  $i_1, i_2, \dots, i_n$  входів і  $j$ -му виходу, симетричні відносно  $\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_n$ ;  $u(t)$  — вхідний вплив, а  $y(t)$  — відгук об'єкту при нульових початкових умовах.

Діагностична процедура в цьому випадку зводиться до визначення ЯВ за даними експерименту «вхід — вихід» [2] і побудові на основі отриманих ядер діагностичної системи ознак, в просторі яких будується вирішальне (діагностичне) правило оптимальної класифікації.

Ефективність застосування методів розпізнавання образів для діагностування в основному залежить від інформативності використовуваної сукупності параметрів.

## 2. Формування простору діагностичних ознак.

Процедура розпізнавання станів об'єкта в інформативному просторі ознак виявляється більш простий, так як обсяг оброблюваної діагностичної інформації зменшується. Зменшення розмірності простору ознак дозволяє використовувати більш складні нелінійні вирішальні правила, що підвищує якість розпізнавання.

Математично задача вибору діагностичних ознак формулюється в такий спосіб. Нехай задано вихідне простір  $X$ , розмірністю  $p$ . Необхідно знайти перетворене простір  $Y$ , елементами якого є  $q$ -мірні вектори, причому  $q < p$ . Формально така задача полягає у визначенні відображення  $A: X \rightarrow Y$ , яке вихідному простору  $X$  ставить у відповідність шуканий простір  $Y$ . Рішення цієї задачі може бути досягнуто різними шляхами. Оптимальне в деякому сенсі перетворення початкового простору векторів вимірювань в простір зображень меншої розмірності визначається шляхом зважування той чи інший спосіб різних систем ознак з метою оцінки їх інформативності (корисності) при розпізнаванні. У роботі, ефективність обраного набору ознак оцінювалась за результатами рішення задачі класифікації об'єктів екзаменаційної вибірки за допомогою побудованого одним з алгоритмів навчання вирішального правила.

Ефективним методом опису нелінійних і динамічних властивостей ОД у вигляді вектора ознак  $x \in$  параметризація моделей ОД у вигляді багатовимірних ЯВ. При цьому, функція  $w_k(\tau_1, \dots, \tau_k)$  представляється вектором  $x_k = (x_{1k}, \dots, x_{nk})'$ . Інформативні ознаки можуть бути отримані за допомогою попереднього перетворення  $T_j: C[a, b] \rightarrow R^n$ , ( $j = 1, \dots, n$ ):  $x_{jk} = T_j(w_k(\tau_1, \dots, \tau_k))$ ; де  $C[a, b]$  — простір дійсних безперервних функцій, заданих на відрізку  $[a, b]$ ;  $a, b$  — деякі дійсні числа. В якості оператора  $T_j$  можуть застосовуватися ортогональні розкладання і інтегральні перетворення БВФ в вектори коефіцієнтів базисних функцій. У найпростішому випадку оператор  $T_j \in$  оператором дискретизації  $x_{jk} = w_k(t_j, \dots, t_j)$ ,  $t_j = j\Delta t$ , де  $\Delta t$  — крок дискретизації. Аналогічно формується вектор ознак на ос-

нові частотних характеристик: багатовимірної амплітудно-частотної  $A_k(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_k)$  і фазо-частотної  $\varphi_k(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_k)$ :  $x_{2j-1} = A_k(\omega_j, \dots, \omega_j)$ ,  $x_{2j} = \varphi_k(\omega_j, \dots, \omega_j)$ ,  $\omega_j = j\Delta\omega$ ,  $j = 1, 2, \dots, n$  [5, 6].

Зважаючи на значну обчислювальної складності процедури побудови моделей Вольтерра для формування простору діагностичних ознак використовувалися Вибіркі відліків діагональних перетинів ЯВ  $w_k(t_j, \dots, t_j)$  порядку  $k = 1, 2, 3$  ( $t_j = \dots = t_j$ ) Із завдань дискретністю (рис. 1). При цьому, інформація, яка знаходиться в точках ЯВ, котрі належать до діагональним перетинах, не береться до уваги.

Значне зростання продуктивності обчислень і зниження вартості сучасних багатоядерних процесорів в останні часи дозволяють істотно підвищити ефективність АСД та розширити галузі застосування інформаційних технологій непрямого контролю і діагностики. У зв'язку з цим, з'являється можливість використання діагностичної інформації, не обмеженої тільки діагональними перетинами ЯВ різних порядків.

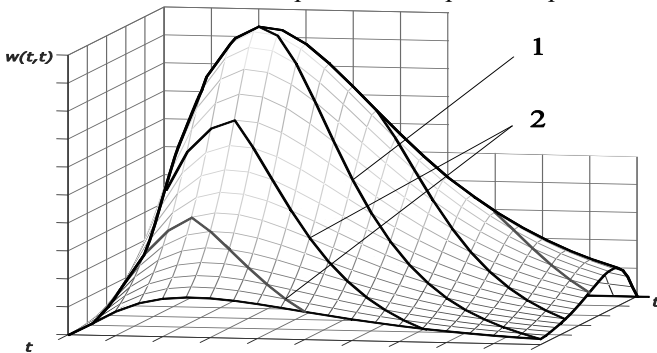


Рис. 1. Перетин ЯВ 2-го порядку: 1 — діагональний, 2 — піддіагональні

Беручи до уваги викладене, запропоновано розвиток методу формування простору діагностичних ознак на основі ядер Вольтерра шляхом спрямованого перебору довільних перетинів ядер і полягає в послідовному вирішенні наступних завдань:

1. *Ідентифікація ОД.* Мета — отримання інформаційної моделі ОД у вигляді ЯВ. Етапи реалізації: подача тестових сигналів на входи ОД; вимір відгуків на них; визначення ЯВ на основі даних експерименту «вхід-вихід».
2. *Побудова діагностичної моделі ОД.* Мета — формування простору ознак  $x$ . Етапи реалізації: послідовне визначення перетинів ЯВ із зсувом на  $s\Delta t$ , де  $s = 1, 2, \dots$  — порядковий номер перетину ЯВ.
3. *Побудова класифікатора станів ОД.* Мета — побудова сімейства вирішальних правил оптимальної класифікації. Етапи реалізації: побудови вирішальних правил — навчання; оцінка достовірності класифікації — іспит; оптимізація діагностичної моделі.

4. Вибір простору діагностичних ознак. Визначення діагностичної цінності кожної системи ознак  $x_s$ ; вибір оптимальної системи ознак  $x$  згідно цільової функції — достовірності класифікації ОД екзаменаційної вибірки.

Для підвищення достовірності та завадостійкості діагностичної процедури розглядаються діагностичні моделі, що поєднують в собі ознаки на основі ядра першого порядку  $x_{1s}$  та перетинів ЯВ старших порядків  $x_{ks}$  ( $x = x_{1s} \cup \dots \cup x_{ks}$ ). Аналогічно розглядаються набори ознак, які об'єднують ознаки на основі різних сполучень перетинів ЯВ одного порядку.

3. Формування простору діагностичних ознак нелінійної динамічної системи, що зображена на рис. 2.

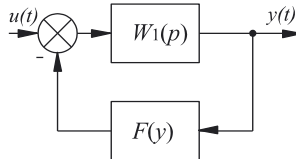


Рис. 2. Структурна схема нелінійної динамічної системи

Запропонована методика формування інформативного простору ознак для діагностичного контролю нелінійного динамічного об'єкта розглядається на прикладі системи (рис. 1), де  $W_1(p)$  — лінійний динамічний елемент, з ваговою функцією  $e^{-\alpha t}$ ,  $F(y)$  — безінерційний нелінійний елемент с характеристикою  $\beta y^2(t)$ . Така система описується нелінійним диференціальним рівнянням виду:

$$\frac{dy(t)}{dt} + \alpha \cdot y(t) + \beta \cdot y^2(t) = u(t), \quad (2)$$

де  $\alpha$  та  $\beta$  — постійні коефіцієнти (параметри), що недопустимі для вимірювань.

Для діагностики станів об'єкта використовується ЯВ першого, другого і третього порядку. Модель об'єкта у вигляді трьох членів ряду Вольтерра при нульових початкових умовах має вигляд:

$$\begin{aligned} y(t) = & \int_0^t w_1(\tau_1) u(t - \tau_1) d\tau_1 + \int_0^t \int_0^t w_2(\tau_1, \tau_2) u(t - \tau_1) u(t - \tau_2) d\tau_1 d\tau_2 + \\ & + \int_0^t \int_0^t \int_0^t w_3(\tau_1, \tau_2, \tau_3) u(t - \tau_1) u(t - \tau_2) u(t - \tau_3) d\tau_1 d\tau_2 d\tau_3 \end{aligned} \quad (3)$$

тут  $u(t)$  і  $y(t)$  — сигнали, що вимірюються відповідно на вході і виході ОД;

$$w_1(\tau_1) = e^{-\alpha\tau_1}; \quad w_2(\tau_1, \tau_2) = \frac{\beta}{\alpha} (e^{-\alpha\tau_1} e^{-\alpha\tau_2} - e^{-\alpha\tau_2}), \quad \tau_1 \leq \tau_2;$$

$$w_3(t, t, t) = \frac{2}{3} \left( \frac{\beta}{\alpha} \right)^2 \cdot (3e^{a(\tau_1 - \tau_2 - \tau_3)} + 3e^{-a(\tau_1 + \tau_2 + \tau_3)} - 4e^{-a(\tau_2 + \tau_3)} - 2e^{-a(\tau_1 + \tau_3)} + 2e^{-a\tau_3}), \quad \tau_1 \leq \tau_2 \leq \tau_3. \quad (4)$$

Діагональні перетини ЯВ другого та третього порядку при  $\tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = t$  мають вигляд:

$$w_2(t, t) = \frac{\beta}{\alpha} (e^{-2at} - e^{-at}),$$

$$w_3(t, t, t) = 2 \left( \frac{\beta}{\alpha} \right)^2 \cdot (e^{-3at} - 2e^{-2at} + e^{-at}). \quad (5)$$

При дослідженні інформативності формуються на основі ЯВ діагностичних ознак використовуються аналітичні вирази для ЯВ (4) і (5).

Розглядаються простори ознак, що формуються на основі дискретних значень відгуків діагностичного об'єкта на імпульсні збурення різної інтенсивності  $s = A \tau_p$  ( $A$  — амплітуда,  $\tau_p$  — тривалість імпульсу), наближено розраховуються за формулою:

$$y_s(t) = s w_1(t) + s^2 w_2(t, t) + s^3 w_3(t, t, t). \quad (6)$$

Навчальна та екзаменаційна вибірки отримані для об'єктів чотирьох класів (по сто об'єктів для кожного класу), придатних і непридатних за параметрами  $\alpha$  і  $\beta$ . Перший клас складають об'єкти умовно працездатні (параметри  $\alpha$  і  $\beta$  змінюються в межах  $\pm 5\%$  від номінальних значень  $\alpha_n$  і  $\beta_n$ ); другий клас — об'єкти умовно непрацездатні з параметру  $\alpha$  (параметр  $\beta$  змінюється в межах  $\pm 5\%$   $\beta_n$ , а параметр  $\alpha \in (-1.1\alpha_n; -1.05\alpha_n) \cup (1.05\alpha_n; 1.1\alpha_n)$ ); третій клас — об'єкти умовно непрацездатні по параметру  $\beta$  (параметр  $\alpha$  змінюється в межах  $\pm 5\%$   $\alpha_n$ , а параметр  $\beta \in (-1.1\beta_n; -1.05\beta_n) \cup (1.05\beta_n; 1.1\beta_n)$ ); четвертий клас — непрацездатні об'єкти по  $\alpha$  і  $\beta$  одночасно.

Проведено дослідження інформативності систем діагностичних ознак, які формуються на основі десяти відліків (з рівномірним кроком на інтервалі  $(0, t_m]$ ) ЯВ першого ( $V_1$ ) порядку і перетинів ЯВ другого ( $V_2$ ) і третього ( $V_3$ ) порядку. Результати досліджень інформативності просторів ознак зазначених систем у вигляді достовірності розпізнавання наведені в таблиці 1.

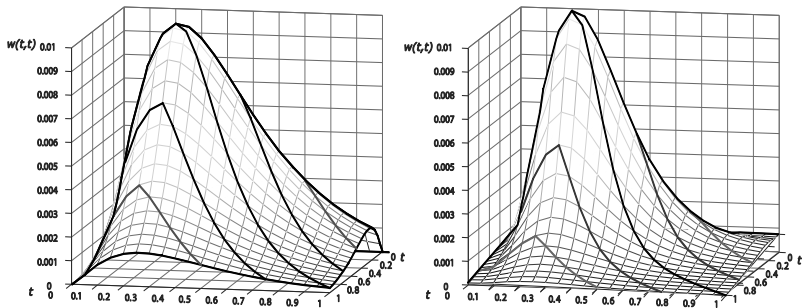
Таблиця 1

*Достовірність розпізнавання чотирьох класів  
ОД для систем ознак  $V_1, V_2, V_3$*

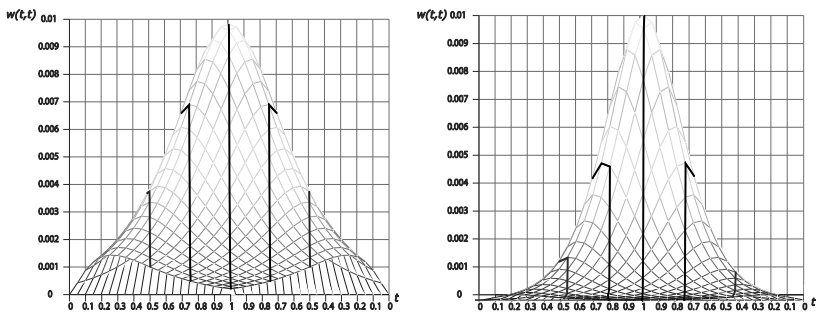
Система ознак	Перетини ЯВ				
	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$
$V_1$	0,67	—	—	—	—
$V_2$	0,76	0,89	1,0	0,81	0,72
$V_3$	0,74	0,83	0,97	0,77	0,69

Найбільш інформативною частиною ЯВ першого, другого і третього порядку виявилася початкова область, відповідна першим трьом відлікам: для системи  $V_1$  —  $w_1(t_1)$ ,  $w_1(t_2)$ ,  $w_1(t_3)$ ; для системи  $V_2$  —  $w_2(t_1, t_1)$ ,  $w_2(t_2, t_2)$ ,  $w_2(t_3, t_3)$  і для системи  $V_3$  —  $w_3(t_1, t_1, t_1)$ ,  $w_3(t_2, t_2, t_2)$ ,  $w_3(t_3, t_3, t_3)$ .

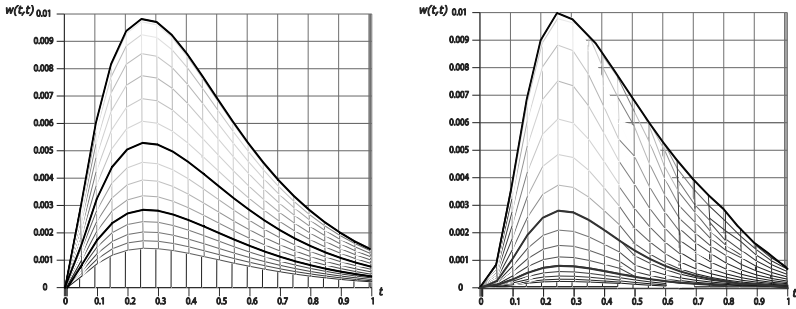
На рис. 3 представлені ЯВ другого порядку для ОД 1-го і 4-го класів. Проекція ЯВ другого порядку на площину, паралельну діагональному перерізу ЯВ другого порядку (рис. 4) наочно демонструє близькість діагональних перетинів обох ОД. Отже, розпізнавання за параметрами, виділеним на основі цих функцій матиме низьку достовірність. У той же час піддіагональні перетини ЯВ другого порядку для ОД 1-го і 4-го класів істотно відрізняються, що свідчить про високу інформативність цих характеристик для процесу діагностування. Найбільш наочно відмінності видно на проекціях ЯВ другого порядку на площину, перпендикулярну діагональному перерізу, представлених на рис. 5.



**Рис. 3.** ЯВ другого порядку для ОД різних класів:  
1 клас — зліва, 4 клас — справа



**Рис. 4.** Проекція ЯВ другого порядку на площину, паралельну діагональному перерізу ЯВ другого порядку для ОД різних класів:  
1 клас — зліва, 4 клас — справа



*Рис. 5. Проекція ЯВ другого порядку на площину, перпендикулярну діагонального перерізу для ОД різних класів: 1 клас — ліворуч, 4 клас — праворуч*

Найбільш інформативний опис ОД з розглянутих систем ознак дає система  $V_2$ . На її прикладі нижче демонструються переваги використання перетинів, відмінних від діагональних для формування простору діагностичних ознак.

Таким чином, використання методу формування простору діагностичних ознак на основі піддіагональних перетинів ЯВ дозволяє підвищити достовірність діагностичної процедури, а алгоритми на його основі є ефективним засобом для створення інструментальних засобів діагностування об'єктів різної природи.

**Висновки.** В роботі розглядається метод модельної діагностики нелінійних динамічних об'єктів діагностування, заснований на описі об'єктів у вигляді інтегро-ступеневих рядів Вольтерра, багатовимірні ядра яких використовуються при побудові простору діагностичних ознак.

Запропоновано метод формування простору діагностичних ознак на основі ядер Вольтерра шляхом спрямованого перебору довільних перетинів ядер, який на відміну від існуючого методу, що використовує діагональні перетини ядер, здатний істотно збільшити достовірність діагностування.

У задачі діагностування станів тестового нелінійного динамічного об'єкта використання інформації у вигляді перетинів ядер Вольтерра, відмінних від діагонального, дозволило збільшити достовірність діагностичної процедури на 24%.

Встановлено, що найбільш повну інформацію для діагностування станів об'єкта досліджень дає ядро другого порядку. Аналіз діагностичної цінності просторів ознак показав, що найбільш високою інформативністю володіє початкова область перетину, відповідна першим трьом відлікам.

#### Список використаних джерел:

1. Пупков Л. А. Функциональные ряды в теории нелинейных систем / Л. А. Пупков, В. И. Капалин, А. С. Ющенко. — М. : Наука, 1976. — 448 с.



2. Данилов Л. В. Теория нелинейных электрических цепей / Л. В. Данилов, П. Н. Матханов, Е. С. Филиппов. — Л. : Энергоатомиздат, 1990. — 256 с.
3. Апарцин А. С. О математическом моделировании нелинейных динамических систем рядами Вольтерры / А. С. Апарцин, С. В. Солодуша // Электронное моделирование. — 1999. — № 2. — С. 3–12.
4. Дубровин В. И. Сокращение объема данных в задачах распознавания и диагностики / В. И. Дубровин, С. А. Субботин, В. И. Кривенко, Л. Н. Евченко // Труды VIII Всероссийской конференции «Нейрокомпьютеры и их применение» НКП-2002 с международным участием. Москва, 21–22 марта 2002 г. / под ред. проф. А. И. Галушкина. — М. : Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, 2002. — С. 954–963.
5. Фомін О. О. Метод побудови простору діагностичних ознак на основі інтегральних динамічних моделей / О. О. Фомін // Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки. — 2018. — Т. 29 (68). — № 1. — Ч. 2. — С. 43–47.
6. Medvedew A. Diagnostic features space construction using Volterra kernels wavelet transforms / A. Medvedew, O. Fomin, V. Pavlenko, V. Speransky // Proceedings of the 2017 IEEE 9th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS. — 2017. — P. 1077–1081.

## **CONSTRUCTION OF DIAGNOSTIC SIGNS SPACE BASED ON THE SECTIONS OF VOLTERRA KERNELS**

The class of problems of indirect control and diagnostics of complex continuous nonlinear dynamic objects of various physical nature is considered. These problems belong to the class of inductive modeling problems, the essence of which lies in the transition from empirical information to the mathematical model with the aim of obtaining new knowledge and decision-making under conditions of substantial incompleteness and a priori uncertainty of information.

The purpose of the work is to increase the reliability of the diagnostic procedure on the basis of the formation of informative feature spaces for the creation of effective tools for diagnosing objects of different nature.

The method of model diagnostics of non-linear dynamic objects is considered, based on the description of objects in the form of Volterra integro-power series whose multidimensional kernels are used in constructing the space of diagnostic features.

A method is proposed for the formation of a space of diagnostic features based on Volterra kernels by a directional search of arbitrary cross sections of nuclei, which, unlike the existing method, which uses for the formation of a space of diagnostic features of diagonal nuclear bonds, can significantly increase the reliability of diagnosis.

A step-by-step algorithm for the formation of a space of diagnostic features is presented. This algorithm consists in the sequential implementation of identification operations of the diagnostic object, the formation of a family of diagnostic models of the object, the construction of a state classifier, and the selection of the resulting space of diagnostic features.

It is established that the second-order kernel provides the most complete information for diagnosing the states of an object of research. Analy-

sis of the diagnostic value is formed on the basis of the diagonal cross section of the Volterra kernels of the second order of feature spaces showed that the initial region of intersection corresponding to the first three samples has the highest informative value.

**Keywords:** *information technologies, diagnostics of continuous systems, diagnostic models, Volterra models, identification, classification, reliability of diagnosis.*

Отримано: 29.05.2018

UDC 004.042;004.5

**I. E. Furtat\***, Ph. D.,

**Yu. O. Furtat\*\***, Ph. D.

\* National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv,

\*\* Pukhov Institute for Modeling in Energy Engineering, NASU, Kyiv

## **CUSTOMIZABLE ADAPTIVE USER INTERFACES IMPLEMENTATION IN CONTROL AND LEARNING AUTOMATED SYSTEMS AS WAY OF INCREASING THEIR RELIABILITY AND EFFICIENCY**

In modern automated systems users are often facing the information overload problem because of ever increasing volumes of information requiring treatment in short time. Working in these conditions affects the system operator's work quality and the systems' reliability. One possible approach to solving the information overload problem is to create personalized interfaces that take into account the user's information management particularities. System operator's features, which determine their preferred information representation shape and pace, form the user's cognitive portrait. Cognitive portrait is built as a result of user interaction with the software diagnostic tools that are based on the cognitive psychology methods. The effect of using personalized user interface in an automated system can be estimated by quantifying how exactly a reduction in user response time to critical events affects the reliability and efficiency of the system. To do this, the formulae in the theory of reliability of complex automated systems are used, showing the dependency between the system reliability and critical event response time.

**Key words:** *automated system, user interface, personalization, interface adaptation, cognitive portrait.*

**Introduction.** Reliability and efficiency of the modern automated systems largely depend on operators' manual actions. Nowadays, because of the constant complications of automated systems operators are in a situation of information overload that affects the focus on workflow and response time to critical events.