

8973.23-018.2
УДК 519.6+681.327

пакет приклад. програма, statistica
неточные информации первичных
пакет приклад. программы
обработка данных
мат. моделирование
объект сложной технической

В.П. Зінченко, канд. техн. наук, доц.
(Національний технічний університет України "КПІ")

Н.П. Зінченко, старш. виклад.
(Національний авіаційний університет)

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРВИННИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ З ЗАСТОСУВАННЯМ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ STATISTICA

Розглянуто інформаційну технологію математичного моделювання первинних джерел інформації з застосуванням програмної системи STATISTICA. Показано перевагу викладеного методу в порівнянні з традиційним підходом, який базується на використанні окремих прикладних програм.

Вступ. Актуальною проблемою при створенні інформаційних технологій проектних досліджень (ІТПД) складних технічних об'єктів (ТО), зокрема авіаційної техніки (АТ), є математичне моделювання первинних джерел інформації (ПДІ), до яких належать різноманітні пристрої для визначення значень фізичних величин, наприклад, датчики тиску та температури, аеродинамічні механічні (МВ) і тензOMETричні (ТВ) ваги, які використовують під час експериментальних досліджень (ЕД) моделей ТО в аеродинамічних трубах (АДТ) [1–4].

Для математичного моделювання ПДІ застосовано програмну систему STATISTICA [5; 6]. Компоненти програмної системи STATISTICA дозволяють ефективно організовувати обробку даних експерименту (ДЕ) під час розв'язання прямої та оберненої задач [3; 7]. Інформаційна технологія математичного моделювання ПДІ випробувана та доведена до практичного застосування.

Класифікація ПДІ. Клас одноканальних пристроїв використовують для визначення тільки однієї фізичної величини, наприклад, датчики температури, тиску, а багатоканальні ПДІ – декількох фізичних величин, наприклад, МВ та ТВ [3]. З погляду зображення їх у вигляді деякої математичної структури математичної моделі (ММ) зазначені ПДІ однакові (рис. 1).

На вхід ПДІ подаються фактори впливу $x_j, j=1,2,\dots,m$, а на виході одержуємо їх вихідні (визначені) величини $y_i, i=1,2,\dots,n$ [3; 6; 7]. При цьому необхідно розв'язати пряму і обернену задачі. Пряму задачу використовують для аналізу та вдосконалення конструкції ПДІ на основі такої ММ:

$$Y_i = f_i(X_j, j=1,2,\dots,m), i=1,2,\dots,n. \quad (1)$$

Результатом розв'язку оберненої задачі є ММ, які застосовують для визначення фізичних величин за даними ПДІ:

$$X_j = f_j(Y_i, i=1,2,\dots,n), j=1,2,\dots,m. \quad (2)$$

Явний запис ММ (1) і (2) у вигляді поліномів другого порядку такий:

$$y_i = b_0 + \sum_{j=1}^m b_j x_j + \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \leq j}}^{m,n} b_{i,j} x_i x_j; \quad (3)$$

$$x_j = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i y_i + \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \leq j}}^{n,m} a_{i,j} y_i y_j,$$

де y – оцінка i -ї вихідної величини; x – оцінка j -го фактору впливу; $b_0, b_i, b_{ij}, a_0, a_i, a_{ij}$ – оцінки коефіцієнтів відповідних ММ.

Як вихідні дані для поліномів (3) використовують ДЕ, які залежно від способу організації ЕД можуть бути одержувані пасивними та активними ЕД [3; 7].

Пасивні ЕД передбачають реєстрацію контрольованих змінних у режимі нормальної роботи ПДІ без будь-якої організації проведення досліджень. Активні ЕД ґрунтуються на викорис-

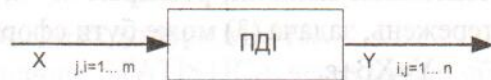


Рис. 1

танні теоретично обґрунтованих організаційних методів щодо проведення досліджень, які попередньо плануються. Оптимальні в статистичному розумінні плани експерименту (ПЕ) дозволяють практично розв'язувати задачі ідентифікації ПДІ [3]. Активні ЕД дозволяють швидко знаходити потрібні ефекти, визначати оптимальні режими, будувати ММ, які адекватні ДЕ. Добре сплановані ЕД зменшують кореляцію між вхідними змінними. Правила побудови ґрунтуються на методах математичної теорії планування експериментів (МТПЕ) [3; 5; 7].

Метою розрахункових методів проектування ПДІ є вибір оптимальної конструкції ПДІ, яка б забезпечувала мінімальний вплив компонентів при максимальній чутливості, а метою методів ЕД проектування ПДІ є "доведення" конструкції ПДІ, визначення реальних її характеристик та ММ.

Постановка завдання. Математичне моделювання ПДІ формулюється як визначення їх ММ з урахуванням заданих обмежень на незалежні змінні, впливи і взаємовпливи факторів на моделюючі функції за умови мінімально можливої кількості необхідних досліджень і найбільш простих видів ММ [3; 5; 7]. При цьому ПДІ розглядається як складна система й описується ММ типу (3). Ідеальна конструкція ПДІ передбачає лінійний взаємозв'язок між факторами впливу та вихідними величинами. Насправді, це припущення не завжди виконуються, оскільки реально неможливо створити ПДІ з невзаємодіючих конструктивних елементів. Тому такі припущення призводять до невідповідності розрахункових і реальних властивостей ПДІ і, як наслідок, до неврахування фактичних впливів, взаємовпливів, нелінійності [8–10].

Для вивчення реальних властивостей ПДІ доцільно використати статистичну методологію і концепцію МТПЕ [3; 5; 7]. Це обумовлено тим, що ПДІ є багатофакторною і достатньо складною для теоретичного дослідження системою. Тому ЕД ПДІ необхідно проводити за багатофакторною схемою, структуру зв'язків між входами і виходами – з урахуванням нелінійності. При цьому адекватна ММ ПДІ має вигляд (1), (2), (3) [3; 7].

Методика ММ ПДІ. Задачу розв'язують методом множинного регресивного аналізу [3; 6; 11]. Якщо позначити через Y вектор спостережень, що складається з n елементів, через X – матрицю незалежних змінних, розміром $m \times n$, де m – кількість незалежних змінних, а n – кількість спостережень, задача (3) може бути сформульована так:

$$Y = X\beta + \epsilon,$$

де β – міра оцінки параметрів; ϵ – похибка з середнім значенням 0.

Для визначення β доцільно використовувати метод крокової регресії, яка на кожному кроці до ММ включає або виключає найбільш значущу незалежну змінну. Це дозволяє скоротити кількість змінних у ММ. У разі використання крокового методу включення до ММ послідовно включаються незалежні змінні, поки рівняння не стане задовільно описувати ДЕ. Включення змінних визначається за допомогою F-критерію [7–9].

Кроковий регресивний метод добре працює, якщо вид ММ апріорно відомий. При цьому ММ швидко збігається до свого граничного значення.

Аналіз засобів розв'язку задачі. Раніше дана задача розв'язувалася з використанням окремих ПП [9; 12], що вимагало знати одну з мов програмування, математичні методи та алгоритми.

З розвитком програмних засобів для розв'язання задачі доцільно застосовувати програмні системи MathCad [13], MatLab [12], STATISTICA [14], які можуть працювати з ДЕ, одержувати ММ та графічно зображувати розв'язок. Найбільш прийнятним щодо цього є програмне середовище STATISTICA, оскільки багато складних методів для аналізу та інтерпретації даних, які раніше використовували лише математики та програмісти, стають доступними експериментатору та конструктору. Сотні типів графіків, у тому числі наукові, ділові та спеціалізовані статистичні графіки, можуть автоматично змінюватися при зміні даних у пов'язаному з ним файлі ДЕ [6; 7; 14].

Обробка та аналіз даних. STATISTICA – це інтегрована система статистичного аналізу і обробки даних, яка складається з таких основних компонентів [14]:

– електронної таблиці для вводу вхідних даних та виконання числових перетворень даних;
– графічної системи для візуалізації даних та результатів статистичного аналізу;

– набору спеціалізованих статистичних модулів у вигляді групи логічно пов'язаних між собою статистичних процедур;

– інструментарію для підготовки звітів;

– вбудованих мов програмування SLC (STATISTICA Command Language) та STATISTICA BASIC для створення прикладних алгоритмів.

Для виконання повного статистичного дослідження ДЕ не потрібно додаткове програмне забезпечення, оскільки всі етапи статистичного аналізу від вводу даних і їх перетворення до підготовки звіту та написання власних процедур обробки можна виконати в середовищі STATISTICA, яка має такі модулі:

- основні статистики і таблиці;
- непараметрична статистика;
- дисперсійний аналіз;
- множинна регресія;
- нелінійне оцінювання;
- аналіз часових рядів і прогнозування;
- кластерний аналіз;
- факторний аналіз;
- дискримінантний та функціональний аналіз;
- аналіз тривалості життя;
- канонічна кореляція;
- моделювання структурних керувань.

Декілька модулів (контроль якості, аналіз процесів і планування експерименту) об'єднані в групу промислової статистики.

У сукупності ці модулі накривають увесь спектр сучасних задач статистичної обробки ДЕ.

Алгоритм розв'язання задачі ММ ПДІ в межах системи STATISTICA описується кроковою процедурою.

Крок 1. Обробка ДЕ засобами електронних таблиць.

Крок 2. Генерація даних взаємодії, типу $X_i X_j$ відповідно до структури ММ (3).

Крок 3. Конвертація ДЕ із середовища Excel в середовище STATISTICA через буфер обміну Windows.

Крок 4. Вибір модуля *Множинна регресія* із панелі *Module switcher*, яка відкривається в меню *Analysis (Аналіз)* командою *Startup Panel (Стартова панель)*.

Крок 5. Вибір процедури аналізу в *Стартовій панелі модуля*, де можна також переглянути ДЕ (вибрати необхідні підмножини випадків для аналізу та задати вагу змінним).

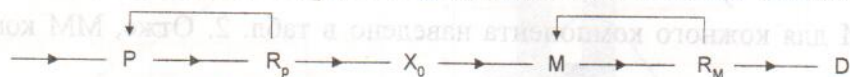
Крок 6. Вибір змінних для аналізу (задати залежні та незалежні змінні в опції *Variebls*).

Крок 7. Задання додаткових параметрів аналізу (наприклад, опція дозволяє вибрати визначену підмножину випадків для аналізу, задати правило обробки пропущених ДЕ, вибрати метод аналізу за умовчанням та ін.)

Крок 8. Вибір методу аналізу *Model Definition (Визначення методу)*, зокрема крокового регресійного методу, наприклад, *Forward stepwise (Кроковий метод включення незалежної змінної)*.

Крок 9. Виведення результатів та їх аналіз.

Після вибору методу аналізу система виконує обчислення. Вікно результатів з'явиться на екрані. Загальна технологія розв'язання задачі визначається такою ітераційною послідовністю:



де P – проведення ЕД; R_p , R_m – критерії виконаних операцій, зокрема адекватних ДЕ та визначення адекватної ММ ПДІ; X_0 – формування вихідних даних; M – одержання ММ; D – документування.

Приклади математичного моделювання ПДІ. Розглянемо послідовність розв'язку задачі на прикладі математичного моделювання трикомпонентних ТВ [3; 5; 6]. Означимо, що ДЕ

однорідні при $G \leq 2,14$. Експериментальні дослідження проводилися на двох типах ТВ_В (ЗКТВ-1, ЗКТВ-2), які працюють у таких діапазонах: $0 \leq X \leq 6(60)$ кг; $0 \leq Y \leq -228(300)$ кг; $0 \leq M_z \leq 11,48(32,8)$ кгм.

При підготовці вхідних даних були виконані попередні їх перетворення:

– визначення відносно “нульових” показників ТВ (ЦАП):

$$N_{j-c,i+5} = \begin{cases} N_{j,i} & \text{для } j = A..C, i = 1..15; \\ \frac{N_{j,i} + N_{j+1,i}}{2} - \frac{N_{j,8} + N_{j+1,8}}{2} & \text{для } j = D..C, i = 1..15; \end{cases}$$

– формування даних взаємовпливу компонентів типу $X_i X_j$ відповідно до виду ММ:

$$N_{j+\lambda,i+5} = \begin{cases} N_j^* N_j & \text{для } \lambda = G; j = D..G, i = 1..15; \\ N_j^* N_{j+1} & \text{для } \lambda = R, N, O; j = D..G; i = 1, 2, \dots, 15; \end{cases}$$

$$Y_i = a_0 + \sum_{i=1}^4 a_i X_i + \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^4 a_{i,j} X_i X_j.$$

Результати розрахунків наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Дослідження	A	B	C	D	E	F	G
1	60	-500	73,8	-58,1500	-69,0000	89,9500	66,5500
2	0	-500	73,8	-58,3000	-69,0500	89,7500	-0,8500
3	60	-180	73,8	0,1000	0,0500	89,8500	65,7000
4	0	-180	73,8	0,1500	-0,0500	89,8000	-0,2000
5	60	-320	0,000	-58,1000	-69,0500	-0,0500	65,7500
6	0	-320	0,000	-58,2500	-68,9500	0,2000	-0,6500
7	60	0	0,000	0,3000	0,1000	0,3000	64,2500
8	0	0	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
9	60	-250	36,4	-29,1500	-34,7500	45,1500	65,7500
10	0	-250	36,4	-29,3000	-34,4500	45,1000	-0,4000
11	30	-410	36,4	-58,1000	-69,1000	45,0500	32,9000
12	30	-90	36,4	0,1500	0,0000	45,3000	32,5500
13	30	-340	73,8	-29,0500	-34,3000	89,9000	33,2500
14	30	-160	0,000	-29,2000	-34,4500	0,2000	32,5500
15	30	-250	36,4	-29,1500	-34,4500	45,2000	32,9500

Розглянемо приклад побудови ММ градування трикомпонентних тензовагів ЗКТВ-3 на основі програмної системи STATISTICA. У прикладі залежними змінними є сила X , сила Y , момент M_z , а незалежними змінними – навантаження: N_1, N_2, N_3, N_4 . Залежність між змінними передбачується лінійною.

Вхідні дані для моделювання ТВ, які обробляються системою STATISTICA, були організовані у вигляді електронної таблиці в середовищі Excel [15]:

$$X_j = \left(\frac{N_{j,i1} + N_{j,i2}}{2} \right) - \left(\frac{N_{8,i} + N_{8,i}}{2} \right), \text{ де } j=1..15, \quad i=1..4.$$

Результати пошуку ММ для кожного компонента наведено в табл. 2. Отже, ММ компонентів X, Y, M_z такі:

$$X = 0,546750 - 0,908558 * N_4 - 0,0051588 * N_3;$$

$$Y = 0,2 + 1,8092 * N_1 + 3,1082 * N_2 - 2,0062 * N_3 - 0,00028 * N_4;$$

$$M_z = 6,05410 * N_1 - 5,1156 * N_2 - 1,11610 * N_3 - 0,01448 * N_4.$$

Таблиця 2

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Дослідження	X	Y	M _Z	N ₁₁	N ₁₂	N ₂₁	N ₂₂	N ₃₁	N ₃₂	N ₄₁	N ₄₂
1	60	-500	73,8	27.000	26.900	26.300	26.100	94.500	94.600	77.200	77.2
2	0	-500	73,8	26.900	26.700	26.000	26.300	94.300	94.400	9.800	9.8
3	60	-180	73,8	85.200	85.200	95.200	95.300	94.500	94.400	76.400	76.3
4	0	-180	73,8	85.200	85.300	95.000	95.300	94.400	94.400	10.300	10.6
5	60	-320	0.000	27.200	26.800	26.300	26.000	4.300	4.800	76.300	76.5
6	0	-320	0.000	27.000	26.700	26.200	26.300	4.800	4.800	10.000	10
7	60	0	0.000	85.500	85.300	95.300	95.300	4.700	5.100	74.800	75
8	0	0	0.000	85.200	85.000	95.300	95.100	4.600	4.600	11.200	10.1
9	60	-250	36,4	56.200	55.700	60.300	60.600	49.700	49.800	76.500	76.3
10	0	-250	36,4	55.900	55.700	60.800	60.700	49.700	49.700	10.300	10.2
11	30	-410	36,4	27.200	26.800	26.200	26.000	49.600	49.700	43.800	43.3
12	30	-90	36,4	85.200	85.300	95.200	95.200	49.800	50.000	43.200	43.2
13	30	-340	73,8	56.100	56.000	61.000	60.800	94.500	94.500	43.800	44
14	30	-160	0.000	56.000	55.800	60.800	60.700	4.800	4.800	43.200	43.2
15	30	-250	36,4	56.200	55.700	60.800	60.700	49.800	49.800	43.700	43.5

Коефіцієнт детермінації $R_i = \{0,99985528, 0,999883, 0,99966234\}$. Це означає, що побудовані регресійні рівняння пояснюють 99,9% розсіювання значень відносно середнього. На адекватність ММ також указують і значення F-критерію $\{20724,91; 2993794; 87,86\}$ та рівень його значущості $p = 0.0$. F-критерій використовують для перевірки значущості регресії [6; 7].

Опція *Regression summary* (Короткі результати регресії) дає можливість одержати електронну таблицю з короткими результатами аналізу, в якій є коефіцієнти вибраної ММ (рис. 2).

Якість побудованих ММ можна інтерпретувати так, що ММ достатньо повно передбачає ДЕ і має корисну інформацію про ТВ_В. У такому контексті ММ ефективні для комплексного моделювання ТВ_В.

Формули, які одержані традиційним методом, мають вигляд:

$$X = 0,902N_1; Y = 5,48N_1 + 4,63N_2 - 2,0N_3; M_z = 0,116N_3$$

при таких абсолютних похибках: $\delta X = 0,06$ кг; $\delta Y = 2$ кг; $M_z = 0,17$ кгм.

Дослідження залишків ММ. Залишки – це різниця між вхідними (спостережуваними) значеннями залежної змінної і передбачуваними значеннями [10]. Вони досліджуються у вікні *Аналіз залишків* і дають можливість оцінити ступінь адекватності ММ. Для цього з головного вікна результатів необхідно вибрати опцію *Residual analysis* (Аналіз залишків), де можна виконати аналіз графічними та числовими методами (графіки, електронні таблиці).

Наприклад, для оцінки адекватності ММ розглянуто графіки залишків на нормальному ймовірному папері і гістограму залишків (рис. 2, 3, 4). Для ДЕ ТВ залишки достатньо добре накладаються на пряму, яка відповідає нормальному закону розподілення ЕД. Кореляцію між залишками в ММ можна переглянути в графічному вигляді (рис. 5).

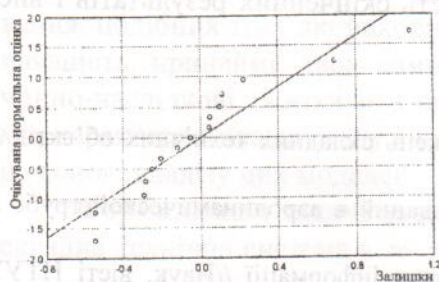


Рис. 2

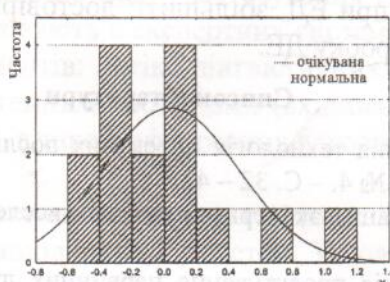


Рис. 3

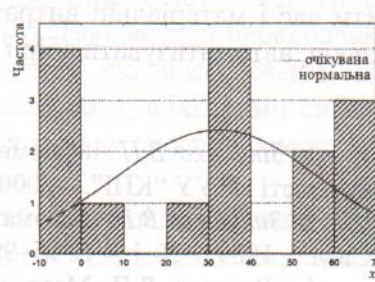


Рис. 4

Аналогічно можна розглянути і графіки залишків ММ та незалежних змінних (рис. 6). Для цього використовують функцію *Reids&indep.var.* (Залишки та незалежні змінні).

Хаотично розкидані залишки відносно прямої свідчать про те, що в їх поведінці немає закономірності (рис. 2, 6), тому немає підстав стверджувати, що залишки корельовані між собою, також немає залишків, які різко виділяються. Отже, ММ достатньо адекватно описує ДЕ (табл. 2).

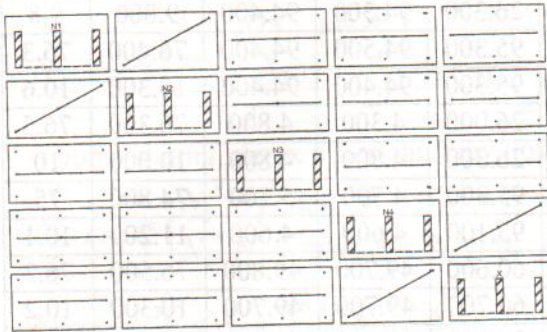


Рис. 5

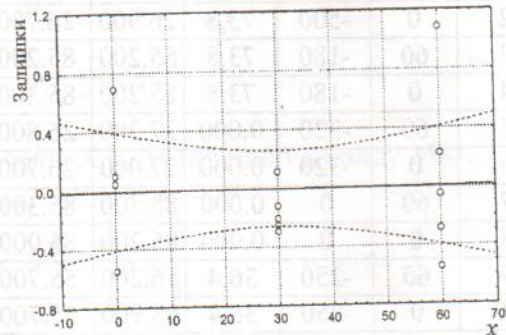


Рис. 6

Аналогічно можна виконати аналіз даних залежної змінної, наприклад, компонента X ТВ (рис. 4). У прикладі ММ ТВ задіяна невелика кількість даних (15). У такому випадку доцільно використати графічні методи оцінки адекватності ММ. У складних задачах графічні і статистичні методи оцінки адекватності повинні використовуватися разом. Усі процедури аналізу залишків зібрані в групі *Statistica* (Статистика) програмного пакета STATISTICA [14].

Документування результатів аналізу. У системі STATISTICA документування результатів аналізу виконується у вигляді спеціального файлу. Основні параметри введення текстової, числової і графічної інформації задають в діалоговому вікні *Page/Output Setup* (Параметри сторінки введення/виведення) за допомогою команди *Print ...* із меню *Options*, команди *Page/Output Setup* (Параметри сторінки введення/виведення) із меню *File* (Файл), комбінацією клавіш *SHIFT/F4* або команди *Double Click* на полі *Output* (Виведення) в рядку стану системи.

У вікні *Параметри сторінки введення/виведення* вибирають канал виведення таблиць і тексту (принтер, текстовий файл, вікно звіту). Можна також вивести заголовок при друці кожної нової сторінки (*Output Header*), дату та час (*Date and Time*), розташувати заголовок виведення по центру сторінки (*Center Titles*), доповнити вже існуючий звіт, вибравши номер останньої сторінки у файлі (*Page #*), шрифти (*Font*) і поля сторінок документа (*Margins Setup*).

Звіт, який містить текст та графіку, можна створювати автоматично за допомогою режиму *Auto report* (Автоматичний звіт). У звіт включаються всі дані (графіки, таблиці) у тій послідовності, в якій виконується розв'язок задачі.

Використовуючи засоби внутрішнього програмування (мови SLC та STATISTICA BASIC), створюють алгоритм розв'язку своєї задачі.

Висновок. Ефективним засобом математичного моделювання ПДІ, особливо в промислових умовах, є програмний пакет STATISTICA, який дозволяє в цілому обсягу розв'язувати поставлену задачу. При цьому можливо враховувати фізичні недосконалості ПДІ, які виявляються у вигляді взаємовпливів між факторами впливу, їх нелінійність (рис. 4), визначати ММ, скоротити час і матеріальні витрати при ЕД, збільшити достовірність скінченних результатів і висновків, автоматизувати збір і обробку ДЕ.

Список літератури

1. Зінченко В.П. Інформаційна технологія проектних досліджень складних технічних об'єктів // Наук. вісті НТУУ "КПІ". – 2000. – № 4. – С. 32 – 42.
2. Зінченко В.П. Автоматизация экспериментальных исследований в аэродинамической трубе // УСиМ. – 1989. – № 1. – С. 95–99.
3. Зінченко В.П. Методологія проектування первинних джерел інформації // Наук. вісті НТУУ "КПІ". – 2001. – № 5. – С. 69–82.

4. Горлин С.М. Экспериментальная аэромеханика. – М.: Высш. шк., 1970. – 423 с.
5. Зинченко В.П., Радченко С.Г. Метод моделирования многокомпонентных тензометрических измерительных систем. – К., 1993. – 24 с. – Препринт / АН Украины. Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова; 93–20.
6. Зинченко В.П. Программный комплекс моделирования многокомпонентных измерительных систем // Технические и программные средства систем экологического мониторинга: Сб. науч. тр. АН Украины. – К.: Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова. 1994. – С. 62–64.
7. Зинченко В.П. Метод моделирования многокомпонентных измерительных систем // Тез. докл. Междунар. конф. "Методы и средства экспериментальных исследований в аэронавтике". – Жуковский (Россия): ЦАГИ, 1993. – С. 2–21.
8. Зинченко В.П., Зинченко Н.П., Радченко С.Г. Методика расчета шестикомпонентных тензометрических аэродинамических весов // Пр. Ін-ту електродинаміки НАН України. – К.: ІЕД НАН України, 2001. – № 3. – С. 108–115.
9. Зинченко В.П., Зинченко Н.П., Броварская Н.И., Горин Ф.Н. Подготовка специалистов в условиях наличия интегрированных пакетов программ // Перспективні засоби обчислювальної техніки та інформатики. – К.: НАН України. Ін-т кібернетики ім. В.М. Глушкова, 1999. – С. 37–43.
10. Зинченко В.П., Радченко С.Г., Зинченко Н.П. Метод расчета эластических весовых элементов с упругим шарниром // Вісн. НАУ. – 2001. – № 3 (10). – С. 99–108.
11. Химмельблау Д. Анализ процессов статистическими методами. – М.: Мир, 1973. – 975 с.
12. Потемкин В.Г. Система MachLab. – М.: Диалог – МИФИ, 1997. – 350 с.
13. Очков В.Ф. MathCAD 7 Pro для студентов и инженеров. – М.: КомпьютерПресс, 1998. – 384 с.
14. Боровиков В.П., Боровиков И.П. Statistica – Статистический анализ и обработка данных в среде Windows. – М.: Филинь, 1998. – 608 с.
15. Джонс Э., Саттон Д. Библия пользователя Office 97. – К.: Диалектика, 1997. – 884 с.
16. Зинченко В.П., Зинченко Н.П. Методика проектування внутрімодельних тензовагів // Вест. НТУУ "КПИ". Машиностроение. – 1999. – Вып. № 34. – С. 319–328.

Стаття надійшла до редакції 04.11.02.

Ж 17-5-02116661.0

УДК 681.5.083.02/03.044.64:51(045)

система техніческа
отказ сложной системы
модель логико-лингвистич.
моделирование матем.

О.Є. Литвиненко, д-р техн. наук, доц.
(Національний авіаційний університет)

МАТЕМАТИЧНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ МНОЖИННИХ ВІДМОВ У СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

Розглянуто логіко-лінгвістичну модель визначення множинних відмов у складних технічних системах. Описано процедуру формування системи алгебричних рівнянь, до розв'язання якої зводиться задача діагностування на основі наведеної моделі. Викладено алгоритм розв'язання задачі діагностування, який реалізує стратегію направленої перебору варіантів.

Вступ. Підвищення складності технічних систем, що обумовлено об'єктивними тенденціями розвитку науки, техніки і технологій, призводить до зростання частки множинних відмов на загальному фоні чинників непрацездатності реальних об'єктів. Такі відмови можуть відбуватися одночасно в різних місцях (підсистемах) об'єкта контролю і мати неоднорідний характер [1–3].

Локалізація множинних відмов потребує застосування нетрадиційних методів діагностування, подібних тим, які використовують в експертних системах [4]. Такі методи передбачають наявність, принаймні, двох компонентів: логіко-лінгвістичних моделей, які відображають причинно-наслідкові зв'язки між системними об'єктами (вхідними впливами, вихідними сигналами, характеристиками стану і т.п.), а також ефективних алгоритмів виводу шуканого результату на основі аналізу цих моделей.

Формалізація задачі визначення множинних відмов. Нехай об'єкт діагностування (ОД) – складна технічна система з m взаємодіючих підсистем. У кожній i -й підсистемі можуть відбутися відмови n_i видів, $i = \overline{1, m}$.