

## АЛГОРИТМІЧНІ МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СКЛАДНИХ КОМПЛЕКСІВ

д.т.н., проф. І.В. Чумаченко, к.т.н. В.В. Косенко, к.т.н. Ю.О. Ковтунов

*Проаналізовано можливість використання алгоритмічних засобів контролю технічного стану складних комплексів.*

**Постановка проблеми.** Впровадження більш досконалих технічних засобів ґрунтується на широкому використанні складних автоматизованих систем і комплексів. Але з ускладненням застосовуваних засобів підвищується й імовірність виходу з ладу як усього складного комплексу, так і його складових частин. У зв'язку з цим виникає необхідність не тільки в створенні нових технічних систем, але й в оперативному контролі та діагностиці функціонування таких комплексів [1]. Отже виникає актуальна наукова задача розробки теоретичних основ побудови і контролю складних технічних систем, з використанням цілого класу алгоритмів: контролю і діагностування.

**Аналіз літератури.** Великим і важливим класом алгоритмів є алгоритми визначення технічного стану об'єктів – алгоритми контролю й алгоритми діагностування. Ці класи алгоритмів будуються на базі діагностичних моделей. Діагностичні моделі (ДМ) – це моделі об'єктів і процесів діагностування, тобто їхні формалізовані описи, що є початковими для визначення і реалізації алгоритмів діагностування [2, 3]. Методи побудови моделей розділяють на функціонально-логічні, аналітичні, графоаналітичні, інформаційні та спеціальні.

Найбільш розповсюдженою останнім часом є таблична форма діагностичних моделей [4]. Таблична модель являє собою прямокутну таблицю, у рядках якої – відповідні припустимі елементарні перевірки, тобто ознаки  $x_i$  в контрольних точках об'єкта, а в стовпцях – технічні стани  $c_j$  об'єкта в множині  $C$  (табл. 1). У клітинці таблиці, розташованої на перетині рядка  $x_i$  і стовпця  $c_j$ , проставляються результати елементарної перевірки об'єкта, що знаходиться в стані  $c_j$ . Якщо при перевірці ознаки  $x_i$  він знаходиться в допуску для об'єкта, що знаходиться в стані  $c_j$ , то результату перевірки надається значення

$R_{ij} = 0$ . Якщо ознака  $x_i$  знаходиться не в допуску, то  $R_{ij} = 1$ . У стовпці  $c_0$  табл. 1 проставлені всі результати перевірок, рівні 0, тому що цей стовпець відповідає працездатному стану об'єкта. З вищесказаного випливає, що хоча найбільш розповсюдженою моделлю є таблична, однак її використання не завжди зручне при розробці й аналізі діагностичних алгоритмів.

Таблиця 1  
Діагностична модель у вигляді матриці несправності

X/C	$C_0$	$C_1$	$C_2$		$C_n$
$x_1$	0	$R_{11}$	$R_{12}$		$R_{1n}$
$x_2$	0	$R_{21}$	$R_{22}$		$R_{2n}$
...	...	...	...	...	...
$x_k$	0	$R_{k1}$	$R_{k2}$		$R_{kn}$

**Метою даної статті** є вироблення пропозицій щодо використання алгоритмічних методів для побудови систем контролю складних комплексів.

**Основний матеріал.** Проведемо аналіз діагностичної моделі, представленої в табл. 1, за допомогою алгебраїчного підходу. Для цього представимо діагностичну модель  $A(X, C)$  у вигляді

$$A(x) = C_0^{U_0} \vee C_1^{U_1} \vee \dots \vee C_i^{U_i} \vee \dots \vee C_k^{U_k}, \quad (1)$$

де  $C_i$  – оператор ідентифікації  $i$ -го стану, виконуваний при  $U_i = 1$ ;

$$U_i = X_1^{\ominus} \dots X_j^{\ominus} \dots X_n^{\ominus};$$

$$X_j^{\ominus} = X_j \text{ при } R_{ij} = 1 \text{ і } X_j^{\ominus} = \bar{X}_j \text{ при } R_{ij} = 0.$$

Оскільки всі кон'юнкції  $U_i$  мають однаковий ранг, рівний  $n$ , то представлення (1) відповідає досконалій диз'юнктивній нормальній формі алгоритму (ДДНФА). Особливістю ДДНФА діагностичних моделей є те, що вони є операторно-безповторними [5]. Дійсно, всі оператори відповідають ідентифікації визначеного стану об'єкта. Стани повинні бути помітними, а це можливо тільки в тому випадку, коли їм будуть відповідати різні кон'юнкції умов.

Якщо  $k+1 < 2^n$ , то на  $2^n - k - 1$  наборах, що не ввійшли до ДДНФА, алгоритм не визначений, тому що у випадку правильної роботи засобів діагностування ці набори неможливі або процес ідентифікації може бути здійснений за допомогою меншого числа перевірок, а результати інших перевірок є несуттєвими.

Побудуємо алгоритмічну позиційну діаграму (АПД) для матриці несправностей, представленої в табл. 2.

Таблиця 2

Діагностична модель

X/C	C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>
x <sub>1</sub>	0	1	0	0	1	0	1
x <sub>2</sub>	0	0	1	0	1	1	0
x <sub>3</sub>	0	1	0	1	0	1	0
x <sub>4</sub>	0	0	0	0	1	1	1

АПД, що відповідає матриці несправностей, наведена на рис. 1.

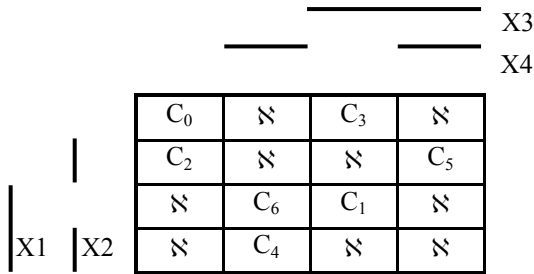


Рис. 1. АПД, що відповідає матриці несправностей

При побудові мінімального контрольного або діагностичного тесту проводиться пошук підмножини умов (перевірок), що мають визначені властивості. Умови (перевірки), що не ввійшли до тесту, виключаються з розгляду, при цьому АПД для умов, що ввійшли до тесту, формуються в такий спосіб.

Нехай:

$X$  – множина умов,  $|X| = n$ ;

$T_1$  – множина умов, що ввійшли до тесту;

$T_2$  – множина умов, що не ввійшли до тесту,  $|T_2| = L$ .

Тоді

$$A(X_1) = A_1(H_1) \vee \dots \vee A_i(H_i) \vee \dots \vee A_w(H_w),$$

де  $w = 2L$ ;  $H_1 \dots H_w$  – усі можливі варіанти настроювання несуттєвих умовних змінних.

Аналіз побудови АПД для різних алгоритмів показав, що за допомогою АПД зручно оцінювати ефективність діагностичних алгоритмів і вибирати ті, що задовольняють заданим вимогам. Для цього необхідно

розглянути можливі варіанти настроювань і оцінити кількість ідентифікуємих станів об'єкта.

Специфіка діагностичних алгоритмів полягає в тому, що після ідентифікації стану об'єкта діагностування виконання алгоритму закінчується. Діагностичні алгоритми мають вигляд дерева, складеного з умов, на кінцевих гілках яких розміщені оператори ідентифікації стану об'єкта. У загальному випадку структура діагностичних алгоритмів має вигляд, наведений на рис. 2.

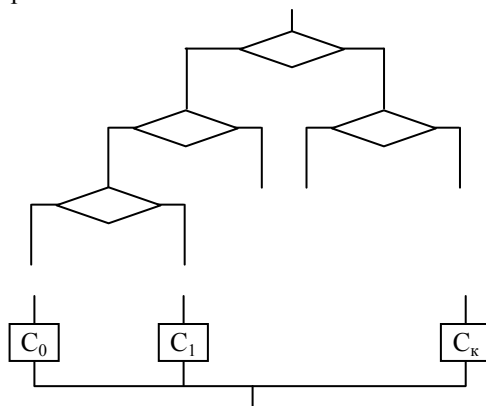


Рис. 2. Структура діагностичного алгоритму

Другою особливістю діагностичних алгоритмів є відсутність між умовними операторами лінійних операторів і в схемі алгоритму тільки один вузол, що відповідає кінцевій вершині алгоритму.

Розглянемо властивості поліноміальних форм діагностичних алгоритмів. Для ідентифікації технічного стану об'єкта діагностичні алгоритми повинні мати властивості виявлення і розрізнення [6]. Отже, структура діагностичного алгоритму повинна мати кількість вихідних гілок умовної частини алгоритму, рівну кількості станів об'єкта.

Кожному лінійному оператору, що відповідає ідентифікації стану, відповідає визначений маршрут, і він розташовується на відповідній вихідній гілці алгоритму. Отже, кількість маршрутів повинна відповідати кількості станів, що ідентифікуються. У поліноміальній формі алгоритму коефіцієнти при відповідних ступенях  $X$  указують на число маршрутів заданої довжини, тому кількість маршрутів повинна дорівнювати кількості станів об'єкта діагностування.

Аналіз поліноміальних форм діагностичних алгоритмів показує, що в загальному випадку існує безліч варіантів структур, що мають однакову суму коефіцієнтів, наприклад:

$$M_1 = 2X^4 + X^3 + X^2 + X ; M_2 = 2X^3 + 3X^2 ; M_3 = 4X^3 + X .$$

Ступінь полінома вказує на максимальну довжину маршруту, тому при розробці діагностичного алгоритму необхідно з множини варіантів вибирати структуру з найменшою глибиною.

**Висновки.** 1. Аналіз діагностичних моделей показав, що найбільш розповсюджена таблична модель не завжди зручна для розробки діагностичних алгоритмів.

2. Застосування АПД дозволяє оцінювати ефективність діагностичних алгоритмів і вибирати алгоритми, що задовольняють зазначеним вимогам.

3. Показано зв'язок між коефіцієнтами полінома в поліноміальних формах і числом станів об'єкта діагностування.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Siegel M. *Test Automation of Safety-Critical Reactive Systems* // *South African Computer Journal*. – 1997. – № 19. – P. 53 – 77.
2. Чегис И.А., Яблонский С.В. *Логические способы контроля работы электрических схем* // *Труды математического института им. В.А. Стеклова*. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – Т. 51. – 320 с.
3. *Техническая эксплуатация авиационного оборудования* / В.Г. Воробьев, В.Д. Константинов, В.Г. Денисов и др. / Под. ред. В.Г. Воробьева. – М.: Транспорт, 1990. – 296 с.
4. Пархоменко П.П., Согомоян Е.С. *Основы технической диагностики*. – М.: Энергия, 1981. – 320 с.
5. Косенко В.В., Гайдаров С.Ю., Лебедева І.А. *Уніфікація програмно-апаратних засобів при використанні безповторних алгоритмічних структур* // *Системи обробки інформації*. – Х.: ХВУ. – 2004. – Вип. 5. – С. 127 – 131.

Надійшла 30.04.2004

**ЧУМАЧЕНКО Ігор Володимирович**, доктор техн. наук, зав. кафедрою Національного аерокосмічного університету "ХАІ". У 1977 році закінчив ХАІ. Область наукових інтересів – автоматизовані системи обробки інформації та управління.

**КОСЕНКО Віктор Васильович**, канд. техн. наук, начальник лабораторії ХВУ. У 1980 році закінчив Харківське ВВКІУ. Область наукових інтересів – управління процесами в інформаційних системах.

**КОВТУНОВ Юрій Олександрович**, канд. техн. наук, заступник начальника кафедри ХВУ. У 1982 році закінчив КВІРТУ ППО. Область наукових інтересів – розпізнавання радіолокаційних образів.