

## Недоліки сучасних технологій діагностування складних систем і завдання їх усунення

О. П. НЕЧИПОРУК

Україна, Київський національний авіаційний університет

Проведений аналіз існуючих методів контролю технічного стану і пошуку дефектів в складних системах. Побудована узагальнена логічна модель діагностування складних об'єктів. Викладені завдання по усуненню недоліків існуючих технологій діагностування.

Проведен анализ существующих методов контроля технического состояния и поиска дефектов в сложных системах. Построена обобщенная логическая модель диагностирования сложных объектов. Изложенные задачи по устранению недостатков существующих технологий диагностирования.

An analysis of existing methods of monitoring the technical condition and find faults in complex systems. A generalized model of logical diagnosis of complex objects. Set out to address the deficiencies of existing technologies of diagnosis.

Підвищення конструктивної складності систем за інших рівних умов неминує веде до зниження їх надійності і ефективності виконання ними заданих функцій. Протиріччя між зростанням складності технічних систем і зниженням їх надійності призводить до необхідності розробки ефективних методів контролю і діагностики їх стану. Реалізація заходів по підвищенню надійності за рахунок забезпечення контролепридатності і діагностується пов'язана з додатковими витратами, в зв'язку з цим актуальне завдання оптимізації ресурсів за критеріями максимуму показників надійності. Аналіз причин і характеристик дефектів дозволив виконати їх класифікацію за основними ознаками, оскільки успішність застосування методів діагностування визначається точністю побудови моделі причинно-наслідкових зв'язків дефектів.

Огляд робіт в області діагностики технічних засобів показав відсутність загального підходу до побудови ефективних моделей і алгоритмів діагностування причин виникнення відмов і аналізу передаварійних ситуацій в об'єктах з числом дефектів до декількох сотень одиниць.

Великий клас об'єктів різної технічної природи і призначення можна представити експертними логіко-лінгвістичними моделями, що відображають усю безліч подій і їх взаємозв'язку. При цьому проведений аналіз існуючих методів контролю технічного стану і пошуку дефектів в складних системах діагностування на базі їх логічних моделей виявив їх істотні недоліки:

1. Низьку ефективність за рахунок сильної залежності від складності досліджуваного об'єкту і відповідно до розмірності його моделі. Такі методи, як випадковий пошук, повний перебір або модифікації методу гілок і меж пошуку оптимальної стратегії обробки діагностичної інформації в контрольних точках незмінно призводять до локального екстремуму цільової функції.

2. Виникнення проблем, пов'язаних з обмеженням тимчасових і обчислювальних ресурсів для складних об'єктів дослідження, представлених логічними моделями з великим числом станів (сотні одиниць).

3. Застосування точних традиційних методів обробки бази даних не працює в завданнях великої розмірності через нестачу обчислювальних ресурсів.

Тому значного ефекту можна досягти, адаптувавши методи спрямованого пошуку до розроблених нових логіко-лінгвістичних моделей для цілей діагностування.

**Мета роботи.** Подальшим кроком є розробка методів, моделей і алгоритмів діагностики технічного стану, що мають наступні властивості:

– ефективністю їх використання для діагностування складних технічних систем, що складаються з сотень і тисяч одиниць;

– алгоритмічністю, що дозволяє успішно проводити їх автоматизацію і впровадження в управління складними об'єктами;

– мають бути розраховані на широкий клас об'єктів, уявних складною структурою, а саме логіко-лінгвістичними моделями причинно-наслідкових зв'язків.

**Постановка завдання.** Припустимо, об'єктом діагностування є складна організаційно-технічна система, що складається з  $n$  взаємодіючих елементів  $d_t$ ,  $t = \overline{1, n}$ .

Стан кожного з них у будь-який момент часу описується вектором значень характеристик  $h_t = (h_i(d_t); i = \overline{1, m_t})$ , де  $m_t$  – кількість характеристик стану  $t$ -го елементу ОД,  $t = \overline{1, n}$ .

Деякі з цих характеристик можуть піддаватися точному виміру або обчисленню, інші – лише нечіткому визначенню на рівні якісних оцінок.

Припустимо, що на момент діагностування сталася елементарна несправність в якомусь елементі. Опишемо наслідки трьох видів:

1. Змінилася характеристика стану  $t$ -го елементу, безпосередньо залежна від цієї елементарної справності/несправності (пряме слідство).

2. Змінилася інша характеристика  $t$ -го елементу, не залежна безпосередньо від цієї елементарної справності/несправності (побічний ефект 1-го роду).

Змінилася характеристика стану іншого (не  $t$ -го) елемента (побічний ефект 2-го роду).

Виникає питання діагностування: що сталося в ОД, якщо змінилися декілька різних характеристик різних елементів?

**Основна частина.** У більшості випадків [1] побудова експертних моделей діагностування будується за схемою

**<дія>→<ситуація>.**

При цьому під ситуацією розуміють "набір значень ознак, що описують стан об'єкту діагностування в деякий момент часу" [2], тобто ситуація ототожнюється із станом об'єкту діагностування(ОД). Вибір способу діагностування залежить не лише від стану ОД, але і від того, які можливості має в розпорядженні система діагностування у момент дослідження об'єкту. Тому під ситуацією слід розуміти набір значень характеристик стану ОД в сукупності з набором значень характеристик можливостей, які система діагностування має в даний момент часу. Під способом діагностування слід розуміти вибір напряму пошуку рішення.

Можливості системи діагностування визначаються умовами застосовності способів впливу на ОД: їх допустимістю, доцільністю, забезпеченістю необхідними ресурсами і т.п.

Простота приведеної схеми моделі діагностування служить одним з джерел відомих недоліків традиційних методів пошуку рішень в системах діагностики.

Аналіз професійної діяльності операторів, диспетчерів і інших посадовців, наділених правом ухвалення рішень, показує, що в найбільш загальних і складних випадках кожен з них оперує поняттями чотирьох класів:

- стани об'єкту діагностування;
- способи впливу на ОД;
- умови застосовності способів впливу;
- наслідки їх практичної реалізації.

Оскільки ситуація в системі діагностування визначається станом ОД і умовами застосування способів зовнішнього впливу, модель діагностування, яка задовольняла б вимогам, що пред'являються до неї, повинна будуватися за схемою

**<ситуація> & <дія> → <результат>.**

де <дія> означає спосіб діагностування об'єкту, а <результат> – повний спектр наслідків його практичної реалізації.

Необхідність в оперативній діагностиці виникає всякий раз, коли ОД виходить за рамки свого нормального стану. Нормальним називається такий стан ОД, при якому поточні значення усіх його характеристик одночасно належать заздалегідь встановленим діапазнам.

При нормальному стані ОД для усіх  $t = \overline{1, n}$  і  $i = \overline{1, m_t}$  виконується умова

$$h_i(d_t) \in H_i(d_t),$$

де  $H_i(d_t)$  – множина допустимих (кількісних або якісних) значень характеристики  $h_i(d_t)$ . Це може бути нескінченна безліч точок деякого відрізка числової осі, кінцева безліч чисел, безліч нечітких категорій типу "великий", "малий", "дуже великий" і т.д.

Порушення цієї умови хоч би для однієї характеристики означає, що ОД вийшов з нормального стану.

Припустимо, в результаті опитування експертів для кожної характеристики  $h_i(d_t)$  визначена множина  $K_i(d_t)$  способів впливу на ОД, що призводять до зміни її значення.

Оскільки в системах діагностування складних організаційно-технічних об'єктів відсутня жорстка функціональна залежність між параметрами, оцінити подібні зміни можна лише нечіткими категоріями. Кількісною мірою цих якісних оцінок служать константи, знаки яких вказують напрям зміни значень характеристик стану ОД, а модулі – міру такої зміни.

Модель діагностування складним об'єктом формується з логічних виразів, кожне з яких зіставлене одному з можливих способів впливу на ОД:

$$L_k \rightarrow V_k ; \\ k \in K_i(d_t) ; \quad i = \overline{1, m_t} ; \quad t = \overline{1, n} ,$$

де  $L_k$  – складне логічне висловлювання, що конкретизує  $k$ -й спосіб впливу на ОД і умови його застосування;

$V_k$  – складне висловлювання, що описує можливі наслідки практичної реалізації  $k$ -го способу впливу на ОД.

Будемо вважати, що кожен спосіб впливу на об'єкт діагностування в загальному випадку може передбачати здійснення (одночасне, послідовне або паралельне) деякого набору "елементарних" пошукових операцій, що застосовуються не тільки по відношенню до розглядаємого елемента  $d_t$ , але і по відношенню до визначеної множини зв'язаних з  $d_t$  інших елементів об'єкту діагностування (рис.1).

Тоді вислів  $L_k$  можна представити як кон'юнкцію двох виразів:

$$L_k = L_k^0 \& L_k^1 \\ k \in K_i(d_t) ; \quad i = \overline{1, m_t} ; \quad t = \overline{1, n} .$$

$L_k^0$  – вислів, який описує пошукові операції, що виконуються відповідно  $k$ -у способу впливу на ОД по відношенню до елемента  $d_t$  разом з умовами їх практичної реалізації;

$L_k^1$  – вислів, який описує пошукові операції, які згідно даному способу впливу на ОД повинні бути виконані по відношенню до інших (зв'язаних з  $d_t$ ) елементів об'єкту діагностування в сукупності з умовами застосування цих операцій.

Вислови  $L_k^0$  і  $L_k^1$  виражаються наступними формулами:

$$L_k^0 = \bigwedge_{j \in J_k(d_t)} [P_j(d_t) \& O_j(d_t)] ;$$

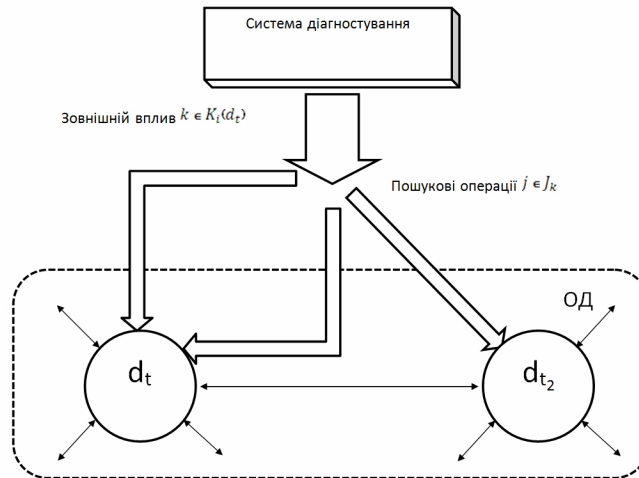


Рис. 1. Зовнішній вплив і пошукові операції

$$L_k^1 = \bigwedge_{t_1 \in T_k^1} S_k(d_{t_1}) \bigwedge_{j \in J_k(d_{t_1})} [P_j(d_{t_1}) \& O_j(d_{t_1})];$$

$$k \in K_i(d_t); \quad i = \overline{1, m_t}; \quad t = \overline{1, n},$$

де  $t_1$  — номер елемента ОД, зв'язаного з елементом  $d_t$ ;  
 $1 \leq t_1 \leq n$ ;  $t_1 \neq t$ ;

$O_j(d_t)$  — вислів, що конкретизує  $j$ -у пошукову операцію, яка застосовується по відношенню до елемента  $d_t$ ;

$P_j(d_t)$  — вислів, що відображає умови застосування  $j$ -ї пошукової операції по відношенню до елемента  $d_t$ ;

$J_k(d_t)$  — множина номерів пошукових операцій, що реалізуються по відношенню до елемента  $d_t$  відповідно  $k$ -у способу впливу на ОД;

$T_k^1$  — множина номерів пов'язаних з  $d_t$  елементів ОД, по відношенню до яких  $k$ -й спосіб впливу на об'єкт діагностування передбачає застосування пошукових операцій;

$S_k(d_{t_1})$  — вислів, що описує характер і параметри зв'язку між елементами  $d_{t_1}$  і  $d_t$ , що необхідні для реалізації  $k$ -го способу впливу на ОД.

### Висновки

В результаті проведених досліджень в області рішення проблем контролю технічного стану і пошуку

виниклих несправностей актуальними стають наступні завдання:

1. Розробка діагностичної моделі, розрахованої на складні технічні об'єкти великої розмірності, що представляються логіко-лінгвістичними моделями причинно-наслідкових зв'язків.

2. Розробка ефективних алгоритмів побудови оптимальних процедур визначення технічного стану об'єктів на мінімальній сукупності діагностичних параметрів, що забезпечують однорозрізненість дефектів з локалізацією місця дефекту, алгоритмів, що забезпечують задану (оптимальну) глибину діагностування з урахуванням обмежень (на вартість, кількість і можливість практичної реалізації точок знімання діагностичної інформації).

3. Адаптація розроблених алгоритмів діагностування до об'єктів різної фізичної природи і складності.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Искусственный интеллект. — Кн. 2. Модели и методы: Справочник / Под ред. Д. А. Поспелова. — М.: Радио и связь, 1990. — 304 с.
2. Мелихов А. Н., Бернштейн Л. С., Коровин С. Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. — М.: Наука, 1990. — 272 с.
3. Литвиненко О. Є. Математичний метод визначення множинних відмов в складних технічних системах. — Вісник НАУ, 2002. — № 4. С. 143—150.
4. Литвиненко А. Е. Модели и алгоритмы определения множественных отказов в сложных системах // Проблемы информатизации і управління. — К.: НАУ — 2004, вип. 11. — С. 139—147.