УДК 516.9

А. М. Микрюков, В. Е. Беков

РАЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ФУНКЦИОНАЛЬНОМУ ДИАГНОСТИРОВАНИЮ С УЧЕТОМ СТРУКТУРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

В технической диагностике оптимальные методы поиска неисправностей при функциональном диагностировании (ветвей и границ, динамического программирования и др.) предполагают использование в качестве математической модели объекта диагностирования (ОД) таблицы функций неисправностей или диагностической матрицы (ДМ) [1]. ДМ представляет собой прямоугольную таблицу (рис.1), строки которой соответствуют возможным неисправностям ОД (для заданного симптома отказа и принятой глубины диагностирования) $s_i \in S$, где i=1,2,…,n, а столбцы – диагностическим признакам и допустимым проверкам $\pi_j \in V$, где j=1,2,…,m.

π_j / s_i	π_1	π_2	…	π_m
S_1	1	0	…	1
S_2	0	0	…	1
…	…	…	…	…
S_n	0	1	…	0

Рис. 1. Диагностическая матрица исследуемого объекта

В клетках таблицы фиксируется результат j -й проверки: «0» или «1». Каждая неисправность s_i характеризуется условной вероятностью возникновения p_i, причем $\sum_{i=1}^{n} p_i = 1$, а каждой проверке π_j соответствует стоимость (как правило, время) ее выполнения C_j .

С формальной точки зрения условная вероятность p_i обеспечивает определенное ранжирование элементов ОД. При отсутствии достоверных статистических данных об отказах допускается принимать значения всех условных вероятностей равными, т.е. $p_i = p = const = 1/n$.

В работе [2] обоснована возможность ранжирования элементов на основе одного из показателей, характеризующих структуру ОД. Таким показателем является величина $\lambda_i = R_i / R_\Sigma$, характеризующая интенсивность использования i -го элемента, где r_i - ранг i -го элемента ОД ; R_Σ сумма рангов всех элементов объекта. При этом обеспечивается равенство $\sum_{i=1}^{n} \lambda_i = 1$.

Таким образом, элементы ранжируются по их значимости в структуре ОД, которая определяется степенью «загрузки» каждого элемента.

При разработке алгоритмов поиска большое значение в настоящее время имеет не только время выполнения проверки t_j, но и цена ее реализации в рублях Cr_j. Поэтому предлагается под стоимостью проверки понимать значение

$$C_j = t_j * Kc_j , \quad (1)$$

где $Kc_j = \frac{Cr_j}{\sum_{k=1}^{m} Cr_k}$ – коэффициент, учитывающий цену проверки.

Построение оптимальных алгоритмов поиска требует наличия достоверных статистических данных и выполнения сложных и громоздких вычислительных процедур. Перспективным подходом выглядит использование достаточно простых функций предпочтения различного вида, обеспечивающих построение рациональных алгоритмов поиска неисправностей, близких к оптимальному по критерию минимума средней стоимости

$$C(A) = \sum_{i=1}^{n} p_i C(s_i) = \sum_{i=1}^{n} p_i \sum_{j=1}^{k_i} C_j, \quad (2)$$

где $C(s_i)$ – стоимость определения неисправности s_i;

k_i - количество проверок, выполняемых при локализации s_i.

В качестве такой функции предпочтения можно использовать выражение следующего вида, полученное на основе критерия «время-вероятность» и положений теории информации

$$W_j = \frac{C_j}{\sum_{s_i \in Sr} \lambda_i - abs(\sum \lambda_j^0 - \sum \lambda_j^1)} , \quad (3)$$

где Sr – рассматриваемое (текущее) подмножество неисправностей;

$\sum \lambda_j^0$, $\sum \lambda_j^1$ – суммы интенсивностей неисправностей, для которых результат j-ой проверки, соответственно, отрицателен (0) или положителен (1).

Функция предпочтения (3) на каждом шаге

построения алгоритма поиска вычисляется для всех информативных проверок в подмножестве Sr. На первом шаге $Sr = S$ (при этом $\sum_{s_i \in Sr} \lambda_i = 1$) и W_j вычисляется для всех проверок, включенных в ДМ. Предпочтение отдается проверке , для которой W_j минимально.

Практическая реализация предложенного подхода включает следующие шаги:

1) Определение глубины диагностирования для принятого симптома отказа и составление структурно-логической схемы ОД с учетом связей между элементами по энергетическому, вещественному и информационному каналам.

2) Построение матрицы смежности вершин и определение показателя λ_i для всех элементов ОД [2].

3) Разработка диагностической матрицы :

а) формирование множества допустимых проверок $V=\{\pi_j\}$;

б) определение стоимостей проверок C_j по формуле (1);

в) заполнение клеток ДМ диагностическими признаками «0» или «1».

4) Построение на основе функции предпочтения W_j (3) рационального алгоритма поиска. Этот процесс автоматизирован в среде программирования Turbo Pascal.

Пример построения алгоритма поиска неисправностей на основе функции предпочтения (3) для ОД представлен на рис.2-3.

$s_i \in S$ (λ_i)	$\pi_j \in$ V (C_j)							
	π_1 (6,1)	π_2 (5,3)	π_3 (12,3)	π_4 (7,0)	π_5 (9,0)	π_6 (4,6)	π_7 (11,7)	π_8 (9,8)
s_1 (0,14)	1	1	0	0	0	0	0	1
s_2 (0,23)	1	0	0	1	1	0	0	0
s_3 (0,11)	1	0	0	1	0	0	0	0
s_4 (0,11)	0	0	1	0	1	1	0	0
s_5 (0,23)	1	0	1	1	0	0	0	0
s_6 (0,04)	0	0	1	0	1	0	1	1
s_7 (0,07)	0	0	1	1	0	0	1	0
s_8 (0,07)	0	1	1	0	0	0	0	0

Рис. 2. Диагностическая матрица ОД в вычислительном эксперименте

Текущее подмножество неисправностей Sr	Выбранная проверка π_j
$s_1,s_2,s_3,s_4,s_5,s_6,s_7,s_8$	π_4
s_1,s_4,s_6,s_8	π_2
s_4,s_6	π_6
s_1,s_8	π_1
s_2,s_3,s_5,s_7	π_5
s_3,s_5,s_7	π_1
s_3,s_5	π_3

Рис.3. Результаты расчета в среде программирования Turbo Pascal.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основы технической диагностики / Под ред. П.П. Пархоменко. – М.: Недра, 1976. – 464 с.

2. *Микрюков А.М.* Построение алгоритмов поиска неисправностей на основе структурной информации об объекте / В. Н. Матвеев, А. М. Микрюков // Сборник докладов Международной научно-технической конференции «Энергетика и энергоэффективные технологии». – Липецк: ЛГТУ, 2006. - С. 128-131.

Авторы статьи

Микрюков Александр Михайлович,

канд.техн.наук, доцент каф. технологии металлов и ремонта машин КемГСХИ, тел. 8 913 1346608.

Email: mikrukov22@mail.ru

Беков Виктор Евстафьевич,

старший преподаватель каф. общей электротехники КузГТУ, тел. 8-903-048-6706

Поступило в редакцию 10.12.2014