

可拓检测的方案生成

余永权, 张吉文

(广东工业大学 计算机学院 计算机科学与智能工程研究所, 广州 510090)

[摘要] 以可拓学理论为基础, 论述了可拓检测的有关定义和概念, 提出了可拓检测的方案生成方法及过程, 同时探讨了检测方法的优化和评价方法。

[关键词] 检测物元; 检测元; 拓集; 可拓树

[中图分类号] V475; V476 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1009-1742 (2002) 01-0064-05

1 前言

可拓检测是一种和传统检测技术不同的全新技术, 它是建立在可拓学理论基础之上研究检测技术的新方法。文献^[1~4]给出了可拓检测的基本原理及结构; 并提出了利用可拓学中矛盾转化的方法研究检测技术。文献^[5~6]给出了可拓学的物元、物元变换等数学工具; 以物元分析进行矛盾转化处理, 研究检测技术, 可以对传统技术无法检测的信息进行有效检测, 这是检测技术的新发展。下面介绍可拓检测方案生成的过程及方法。

2 检测任务的物元表示

物元是可拓学的逻辑细胞, 为了引进物元理论来研究检测中各待测量的相关性及其研究检测的策略变换, 先引进检测物元来表示具体的检测任务。

定义 1 检测物元 检测物元是一个特殊物元, 其三要素: 事物 N 、特征 c 、量值 v 分别是待检测的事物、待检测的属性或物理量、以及检测结果的量值, 记作

$$R = (N, c, v)。$$

同样, 也有 n 维检测物元:

$$R = \begin{bmatrix} N, & c_1, & v_1 \\ & c_2, & v_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n, & v_n \end{bmatrix}。 \quad (1)$$

检测物元是用来表示一个具体的检测任务, 即表示检测事物 N 及其关于属性 c 的值。

3 检测方案的数学表示——检测元

3.1 检测元的定义

定义 2 可测度 用来衡量检测结果可信程度或能检测出所需精度结果概率的一个指标, 用 ξ 表示。在不同的检测领域, 其度量方法也不同。

定义 3 检测成本 检测执行过程中对财力、人力、物力、时间等的耗费, 用 ζ 表示。一般来说, 随着检测复杂性的提高, 检测成本会提高。因而, 检测成本一般根据检测复杂性来进行概估。

定义 4 测体 检测过程中的具体检测对象称为测体。测体等价于检测物元中舍去待测值 v 后的直接表示。

定义 5 检测元 对于一检测方案, 可以用三元组

$$R = (N, M, (\alpha, \beta))$$

[收稿日期] 2001-08-31; 修回日期 2001-10-15

[基金项目] 广东省自然科学基金资助项目 (980406)

[作者简介] 余永权 (1947-), 男, 广东台山市人, 广东工业大学教授

来描述，并称为检测元。其中， N 为原始测体（等价于原始检测物元）， M 为执行测体（等价于执行检测物元）。同样 n 维检测元为

$$R = \begin{bmatrix} N, & M_1, & (\alpha_1, \beta_1) \\ & M_2, & (\alpha_2, \beta_2) \\ & \vdots & \vdots \\ & M_n, & (\alpha_n, \beta_n) \end{bmatrix} \quad (2)$$

在检测元的定义中，由于 M 是通过物元的可拓变换从 N 变换来的，因而在这里称为检测元拓体，而 N 为检测元测体。有序二元组 (α, β) 称为检测元的检测可拓度，简称拓度，其中 α 称为拓信值， β 称为拓耗值；拓信值 α 表征在利用拓体 M 来间接检测测体 N 时，拓体 M 能表征测体 N 的能力大小，拓耗值 β 表征从测体 N 转换到拓体 M 的转换实现成本。

3.2 检测元的品质计算

检测元是对现实可行的检测方案的描述，因而检测元的本质要求应具有现实可行性，即其检测过程在目前的条件下应可以实现，否则是毫无意义的。

对于检测任务的不同检测方案，其优劣通过各自的检测元品质来评价。检测元的品质计算包括检测元的可测度计算与检测元的检测成本计算。

设有一检测方案用式 (2) 检测元描述。在检测拓体时，拓体本身也是一个测体，因而也有其可测度及其检测成本。

1) 设检测元的可测度为 ξ_R ，检测拓体 M_1, M_2, \dots, M_n 的可测度分别为 $\xi_{M_1}, \xi_{M_2}, \dots, \xi_{M_n}$ ，则检测元的可测度为

$$\xi_R = \sum_{i=1}^n \alpha_i \xi_{M_i} \quad (3)$$

2) 设检测元的检测成本为 ζ_R ，检测拓体 M_1, M_2, \dots, M_n 的检测成本分别为 $\zeta_{M_1}, \zeta_{M_2}, \dots, \zeta_{M_n}$ ，则有检测元检测成本公式：

$$\zeta_R = \sum_{i=1}^n (\beta_i + \zeta_{M_i}) \quad (4)$$

4 检测元的评价工具——检测元可拓集

设 R 为可实现检测任务的检测元，对于检测任务的可测度控制函数为

$$\Psi_R = \Psi(\xi_R) = \frac{\xi_R - \xi_0}{1 - \xi_0} \quad (5)$$

对于检测任务的检测成本控制函数为

$$\varphi_R = \varphi(\zeta_R) = \frac{\zeta_0 - \zeta_R}{\zeta_0} \quad (6)$$

Ψ_R, φ_R 分别称为检测元 R 的可测度品质与成本品质； $\xi_R, \xi_0, \zeta_R, \zeta_0$ 分别是检测元 R 的当前可测度、检测任务所要求的最低可测度、检测元 R 的当前检测成本、检测任务所允许的最高检测成本。

定义 6 检测元拓集 给定检测任务 W 的可测度控制函数与成本控制函数为：

$$\Psi_R = \Psi(\xi_R), \quad (7)$$

$$\varphi_R = \varphi(\zeta_R), \quad (8)$$

且检测任务 W 的所有检测元的集合为

$$A_W = \{R\} \quad (9)$$

称

$$\begin{aligned} \vec{A}_W = \{ & (R, \psi_R, \varphi_R) \mid R = \\ & (N, M, (\alpha, \beta)) \in A_W, \Psi_R = \\ & \Psi(\xi_R), \varphi_R = \varphi(\zeta_R) \} \end{aligned} \quad (10)$$

为 W 上的一个检测元可拓集，简称拓集。称

$$\begin{aligned} \vec{A}_{W+} = \{ & R \mid R \in A_W, \Psi(\xi_R) \geq \\ & 0 \wedge \varphi(\zeta_R) \geq 0 \} \end{aligned} \quad (11)$$

为拓集 \vec{A}_W 的正域。称

$$\begin{aligned} \vec{A}_{W-} = \{ & R \mid R \in A_W, \Psi(\xi_R) \leq \\ & 0 \wedge \Psi(\zeta_R) \leq 0 \} \end{aligned} \quad (12)$$

为拓集 \vec{A}_W 的负域。称

$$\begin{aligned} \vec{A}_{W\pm} = \{ & R \mid R \in A_W, \Psi(\xi_R) \leq \\ & 0 \oplus \varphi(\zeta_R) \leq 0 \} \end{aligned} \quad (13)$$

为拓集 \vec{A}_W 的可拓域，其中 \oplus 为异或算子，操作定义为 $x \oplus y = \bar{x}y + x\bar{y}$ 。称

$$\begin{cases} \Psi_R = \Psi(\xi_R) \\ \varphi_R = \varphi(\zeta_R) \end{cases} \quad (14)$$

为拓集 \vec{A}_W 的二元关联函数。

检测元拓集是检测任务的可测度要求与成本要求的数学表示。只要知道检测任务的最低可测度要求与最高检测成本要求，就可以构建一个检测元拓集。以检测元拓集为数学工具，就可评价所有检测元的品质好坏。

5 检测方案生成方法

可拓检测技术中检测方案结构的流程框图见图 1。

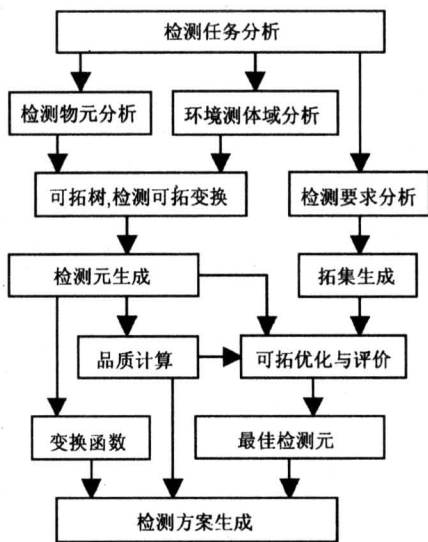


图1 检测方案框图

Fig.1 The flow chart of detecting scheme

5.1 分析检测任务

分析检测任务这是检测方案制定的第一步，包括：

- 1) 用检测物元来表示及分析检测任务对象；
- 2) 分析检测环境的可利用与制约因素，以收集可拓变换中可利用的测体；
- 3) 分析可测度与检测成本要求，以建立检测元拓集。

5.2 用可拓树进行可拓变换及生成检测元

根据可拓学中相关网及蕴含系的意义，由检测物元作为节点构成的多叉树称为可拓检测树，简称可拓树，见图2。其中根节点是原始检测物元，其他节点是利用物元变换而拓展出来的物元。可拓树的生成是由不可测物元向可测物元转化的过程。可拓树特点：根节点是原始检测物元，支节点都是当

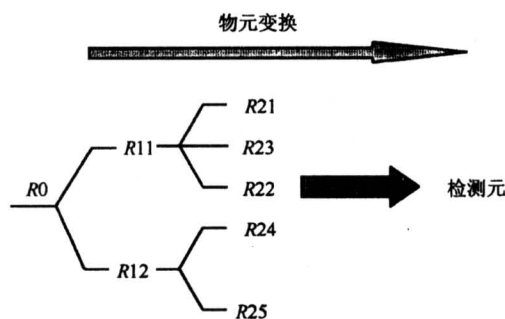


图2 可拓树

Fig.2 Extension tree

前的可测物元。

可拓树是进行检测变换的一个工具，同时完成的可拓树的支节点都是可测物元，故本身就是对检测方案的粗略表示，因而还要生成检测元。从可拓树生成检测元的过程是对检测方案精简与精确化的过程。方法如下：

- 1) 以可拓树的根节点作检测元的测体，以可拓树的支节点作检测元的拓体；
- 2) 评估每个拓体的检测可拓度。

拓度 (α, β) 的评估包括 α 的评估和 β 的评估。拓耗值 β 的评估值，是从检测根节点测体转向检测支节点测体时，为了确保检测转换的一致性要求而要耗费的成本；拓信值 α 的评估要遵照以下原则：

当某拓体的可测度对检测元的总可测度有正相关影响时，取 $0 < \alpha \leq 1$ ；

当某拓体的可测度对检测元的总可测度无相关影响时，取 $\alpha = 0$ ；

当某拓体的可测度对检测元的总可测度有负相关影响时，取 $-1 \leq \alpha < 0$ 。

5.3 拓集生成

分析检测要求并生成检测元可拓集的框图如图3所示。这个过程分为两个部分，一部分是形成可拓度控制函数，另一部分是形成检测成本控制函数，然后再按两者确定检测元拓集。

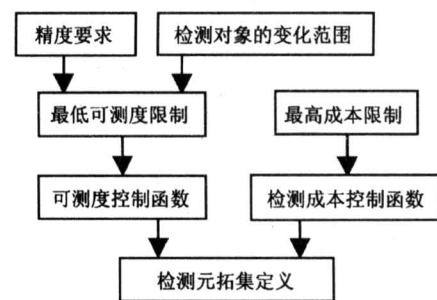


图3 拓集的生成

Fig.3 The generating of extension matter-element sets

5.4 检测元优化与评价

对检测元进行评价的目的是为了在众多的检测元中选出品质最优的检测元。优化的目的是进一步提高可选检测元的品质。

为了选出品质最好的检测元，评价与优化一般要进行多次，最好情况下至少也要进行2次评价与

1 次优化，其顺序为：

- 1) 1 次评价：这个过程针对所有的检测元进行；
- 2) 优化：在 1 次评价的基础上根据品质好坏选出至少 3 个检测元进行优化；
- 3) 2 次评价：在已优化的检测元中选出品质最好的一个作为检测方案。

检测元的评价是以检测元拓集为数学工具。具体的步骤如下：

- 1) 根据式 (3) 与式 (4) 计算检测元的可测度与检测成本；
- 2) 根据式 (5) 与式 (6) 计算检测元的可测度品质因素与成本品质因素；
- 3) 判定检测元出于拓集的什么域，根据检测元的品质因素 Ψ_R 与 φ_R 确定此检测元属于检测元拓集的正域、负域、可拓域，如图 4 所示。其中正域的都是满足要求的，负域的都是不满足要求的，可拓域的则有满足要求的可能性。

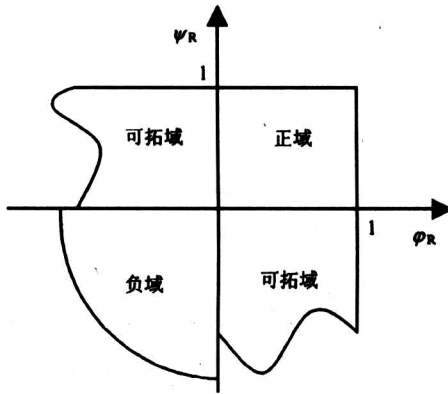


图 4 拓集的正域、负域和可拓域

Fig.4 The positive, negative and extension domain of extension matter-element sets

5.5 检测方案生成

经过检测元的反复优化与评价，选出品质最好的检测元后，剩下的工作就是生成具体的可操作的检测实施方案，具体包括：a. 检测定义部分包括原始检测物元、检测环境的说明，可测度和成本要求；b. 检测执行部分包括检测元、对应检测元各拓体的执行检测物元和具体操作规范；c. 检测运算部分包括变换函数、检测精度和运算数据的处理要求。

6 检测方案评价

给出的检测任务要求如：a. 可测度不低于 0.8；b. 检测成本折算值不可高于 2 000 元。要求完成如下任务：

- 1) 写出此检测任务的检测元可测度控制函数与成本控制函数；
- 2) 作出两函数的直角坐标图；
- 3) 设此检测任务有一检测元 R 表示的检测方案，若其可测度分别为 0.4, 0.8, 0.9, 1, 检测成本分别为 0 元, 800 元, 2 000 元, 5 000 元，分别求出检测元 R 的对应的可测度品质与成本品质。

解：

- 1) 根据式 (5)，并且有当前可测度 $\xi_0 = 0.8$ ，故检测任务的检测元可测度控制函数为

$$\Psi_R = 5\xi_R - 4,$$

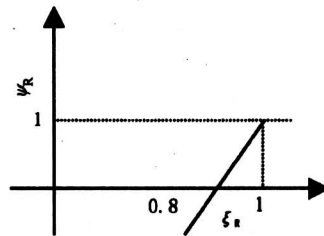
其中 $0 \leq \xi_R \leq 1$ 。

- 根据式 (6)，并且有当前检测成本 $\zeta_0 = 2 000$ ，故成本控制函数为

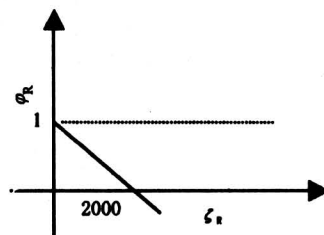
$$\varphi_R = 1 - \frac{\zeta_R}{2000},$$

其中 $0 \leq \zeta_R$ 。

- 2) 两函数的直角坐标图见图 5a、图 5b。



a. 可测度控制函数



b. 成本控制函数

图 5 控制函数

Fig.5 Control function

- 3) 检测元 R 的对应可测度品质为：

$$\Psi_R = \Psi(0.4) = -2, \quad \Psi_R = \Psi(0.8) = 0,$$

$$\Psi_R = \Psi(0.9) = 0.4, \quad \Psi_R = \Psi(1) = 1。$$

检测元 R 的对应的成本品质为:

$$\varphi_R = \varphi(0) = 1, \quad \varphi_R = \varphi(800) = 0.6,$$

$$\varphi_R = \varphi(2\ 000) = 0, \quad \varphi_R = \varphi(5\ 000) = -1.5。$$

由上面例子可知, 检测任务的可测度控制函数和成本控制函数具有下面性质:

1) 检测元 R 的可测度品质与成本品质变化范围为: $\Psi_R \leq 1, \varphi_R \leq 1$ 。

2) 最理想的检测方案是: 可测度品质和成本品质为 $\Psi_R = 1, \varphi_R = 1$ 时, 检测元 R 有 $\xi_R = 1, \zeta_R = 0$ 。

3) 所有可行的检测方案具有特征: 可测度品质与成本品质为 $\Psi_R \geq 0, \varphi_R \geq 0$ 时, 检测元 R 有 $\xi_R \geq \xi_0, \zeta_R \leq \zeta_0$; 且当 $\Psi_R = 0, \varphi_R = 0$ 时, 有 $\xi_R = \xi_0, \zeta_R = \zeta_0$ 。

4) 不可行的检测方案具有特征: 可测度品质与成本品质为 $\Psi_R < 0, \varphi_R < 0$ 时, 此时检测元 R 的 $\xi_R < \xi_0, \zeta_R > \zeta_0$ 。

7 结语

以可拓学理论和方法为基础, 提出一套可用于

检测领域的工程技术方法, 是一个很有价值的课题。可以为制定与评选检测方案, 探索有效的检测技术, 以及改进检测工具提供可行的方法。在方案生成中, 可拓变换技术的研究还有大量的工作要做; 检测方案的制定与评选的计算机实现也是需要继续研究的课题。

参考文献

- [1] 余永权. 可拓检测技术 [J]. 中国工程科学, 2001, 3(4): 88~93
- [2] 魏 辉, 余永权. 可拓物元变换方法在检测技术中的应用研究 [J]. 广东自动化与信息工程, 1999, 20(4): 18~21
- [3] 魏 辉, 余永权. 可拓检测的物元模型及其实现 [J]. 广东工业大学学报, 2001, 18(1): 17~20
- [4] 余永权. 可拓检测的机理及其实际应用 [R]. 全国第八届可拓工程年会, 广州, 2000
- [5] 蔡 文, 杨春燕, 林伟初. 可拓工程方法 [M], 北京: 科学出版社, 1997
- [6] Cai Wen. Extension theory and its application [J]. Chinese Science Bulletin, 1999, 44(17): 1538~1548
- [7] 蔡 文. 物元模型及其应用 [M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1994

Generating Available Scheme for Extension Detecting Technology

Yu Yongquan, Zhang Jiwen

(Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China)

[Abstract] This work shows a method to obtain an available scheme for extension detecting technology. Based on the theory of extenics, some definitions and conceptions about extension detecting are described in this paper. At the same time, the procedures of optimization and evaluation are explored in order to get the better scheme.

[Key words] detecting matter-element; detecting element; extension set; extension tree