

相关物元及其在可拓检测中的应用

鲁 庆, 余永权

(广东工业大学 计算机学院, 广东 广州 510090)

摘要: 可拓检测是建立在可拓学理论基础上的的一种新的检测方法, 在对不可测物元和可测物元实施可拓变换后, 能解决许多用传统检测方法无法检测的问题. 相关物元是连接不可测物元与可测物元的桥梁. 本文介绍了如何寻找相关物元及其在可拓检测中的应用.

关键词: 可拓检测; 物元; 相关物元; 关联规则

中图分类号: TP13

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2005)02-0058-06

传统控制、现代控制以及模糊控制等都是基于对象的可测性这一点的, 检测技术就成了过程辨识和控制的关键, 传感器是决定检测系统成功与否的关键. 因此, 为了实现过程状态的检测, 或者为了提高检测的精度, 国内外都非常重视对传感器的研究. 除了传统的电位传感器、电容传感器以及光电传感器外, 现在又出现了许多新型的智能化的传感器如各种集成传感器、智能模糊传感器、神经网络传感器等^[1]. 另外, 为了对传感器获取的检测信号进一步优化, 也提出和涌现了许多先进的算法如多传感器信息融合算法、自检验自诊断、神经网络算法等. 这些都大大开拓了信息获取的范围, 也提高了获取的信息的准确度.

但是, 在一些具体的检测系统的构建过程中, 仍然会遇到目标对象不可测的问题. 这些不可测问题分为两类: 一类是目前国内外还没有生产出能获取该目标对象过程状态的传感器件; 另一类不可测问题是尽管存在这类传感器, 但是由于检测系统本身的约束(如传感器体积、价格、可靠性)以及其它一些限制条件而不便采用. 在无法用传统检测方法检测的问题上, 如何利用现有的仪器通过检测可以检测的对象, 通过转换, 从而达到对不可测问题也能检测的目的, 这就是一个解决矛盾问题的过程. 可拓学^[2]是研究矛盾问题的学科, 可拓检测是建立在可拓学基础上的一门新型检测技术, 通过对被检测对象进行物元分析, 借助于可拓学中的物元理论, 通过检测可测物元从而解决不可测物元的检测问题^[3]. 实际上, 许多不可测问题与可测问题都有一定程度的关系, 找出联系不可测物元与可测物元的相关物元, 通过相关物元解决不可测问题. 本文主要研究如何找出不可测物元与可测物元之间联系的相关物元, 然后通过相关物元解决不可测物元的检测问题.

1 可测物元、不可测物元与相关物元的概念及联系

借助于可拓学的物元分析方法, 我们需要对所要解决的问题建立物元模型.

定义 1 存在物元 $R = (N, c, v)$, 其中 N 为事物, c 为其特征, v 为其特征对应的量值, 如果

收稿日期: 2003-11-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(6027089); 广东省自然科学基金项目(980406)

作者简介: 鲁庆(1981-), 男, 研究生, 主要研究方向为智能算法、神经网络及模糊控制.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.>

事物特征所对应的量值是可以由现存的仪器检测出来,我们称该物元为可测物元;如果不能由现存的仪器检测出来,则称该物元是不可测物元^[3].

定义2 存在 m 维物元

$$R = \begin{bmatrix} N, & c_1, & v_1 \\ & c_2, & v_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & c_m, & v_m \end{bmatrix},$$

其中 N 为事物, c_i 为事物特征, v_i 为特征量值, $i = 1, \dots, m$, 如果特征的量值能用现存的仪器检测出来,则称该物元 R 是 m 维可测物元, 如果特征的量值不能用现存的仪器检测出来, 则称该物元 R 是 m 维不可测物元.

在可拓学^[2]中对相关的阐述为一个事物与其它事物关于某特征的量值之间, 同一事物或同族事物关于某些特征的量值之间, 如果存在一定的依赖关系, 则称之为相关. 在这里我们对相关物元的定义限于同一事物的特征之间的相关.

定义3 对于待测物元 $R = (N, c, v)$, 如果存在同一事物的某个可测物元 $R' = (N, c', v')$, 通过对 R' 进行物元分析, 发现它与待测物元的相关程度大于预先定义的阈值, 则物元 R' 可称作待测物元 R 的相关物元.

定义4 可拓检测物元集定义为 $D = \langle N, c, v, f \rangle$, 其中 N 是对象 R 的有限集, 也就是所有可测物元和不可测物元组成的有限集, $C = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ 是特征集合, $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ 是特征对应的量值集合, 函数 $f: R \times C \rightarrow V$ 定义了对象的特征量值.

定义5 检测物元相关集定义为 $F = \{e_1, e_2, \dots, e_n\}$, $e_i = \{R_1, R_2, \dots, R_k\} (1 \leq k \leq N)$, e_i 为与可拓检测物元集 D 中对象 R 的特征有关联关系和函数关系的特征所建立的物元.

在一般的检测技术中, 如果人们所希望的某特定特征的量值不能检测出来时, 我们可以通过对其他特征量值进行检测, 并对可测物元与不可测物元实施变换来求取不可测特征量值的值. 可测物元与不可测物元能实行变换的条件是它们之间存在某种关系. 在可拓检测物元集中物元的特征之间存在两种关系: 函数关系和关联关系.

函数关系即是指特征 C_0 与其它特征 $C_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 之间存在一个可以用函数公式来表示的函数关系. 比如检测中可能用到的欧姆定律, 其特征 V, R, I 分别表示电压、电阻和电流, 这些特征之间存在能用函数公式 $V = I * R$ 表示的确定性关系. 再比如我们要检测用电量(W), 我们可以找到它与其它特征之间存在函数关系 $W = I * V * T$, 式中的 I, V, T 分别表示电流、电压和用电时间. 这3个量均可被检测, 因此, 用电量可以被检测出来.

关联关系是特征 C_0 与其它特征 $C_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 之间不存在能用函数公式表示的函数关系, 它们之间有着一定程度的联系, 彼此相互影响, 比如特征吸热性, 与它有联系的有特征热量、温度、材料等. 这些特征之间存在着密切的关系. 相关物元是可测物元与不可测物元之间的一座桥梁. 如果我们能够找到与不可测物元相关的相关物元, 通过对相关物元进行可拓分析, 就能把不可测问题转换为对相关物元特征的检测, 从而解决不可测问题的检测.

2 依据关联规则挖掘相关物元

2.1 关联规则的相关概念

定义6 关联规则可表示为 $A_1 \wedge A_2 \wedge \dots \wedge A_n \Rightarrow B_1 \wedge B_2 \wedge \dots \wedge B_n$, 这里 $A_i (1 \leq i \leq n)$ 是可拓

检测物元集中的物元, 而 B_i 为检测物元相关集中的物元. 并且有 $C(A_1) \cap C(A_2) \cap \dots \cap C(A_n) = \Phi$, $C(B_1) \cap C(B_2) \cap \dots \cap C(B_n) = \Phi$, 这里 $C(A_i)$, $C(B_i)$ ($1 \leq i \leq n$) 表示这些物元中的特征是不重复的.

定义 7 关联规则中的支持度可表示为 $B_1, B_2, \dots, B_n$ 出现的次数与 $A_1, A_2, \dots, A_n, B_1, B_2, \dots, B_n$ 出现的次数的百分比. 即 $Sd(A_1 \wedge A_2 \wedge \dots \wedge A_n \Rightarrow B_1 \wedge B_2 \wedge \dots \wedge B_n) = \frac{P(B_1 \cup B_2 \cup \dots \cup B_n)}{P(A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_n \cup B_1 \cup B_2 \cup \dots \cup B_n)}$.

定义 8 关联规则中的信任度可表示为在检测物元相关集中的物元 $B_1 \wedge B_2 \wedge \dots \wedge B_n$ 出现的前提下 $A_1 \wedge A_2 \wedge \dots \wedge A_n$ 出现的次数与 $A_1, A_2, \dots, A_n, B_1, B_2, \dots, B_n$ 出现的次数的百分比. 也即 $Cd(A_1 \wedge A_2 \wedge \dots \wedge A_n \Rightarrow B_1 \wedge B_2 \wedge \dots \wedge B_n) = \frac{P(A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_n | B_1 \cup B_2 \cup \dots \cup B_n)}{P(A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_n \cup B_1 \cup B_2 \cup \dots \cup B_n)}$.

应用关联规则挖掘相关物元的问题就是通过在检测物元相关集中寻找满足支持度和信任度的物元, 然后寻找他们在可拓检测物元集中的对应物元, 这些物元即是我们所要求出的相关物元.

2.2 依据关联规则挖掘相关物元的算法

- 1) 对需要检测的对象建立物元模型, 建立可拓检测物元集.
- 2) 根据可拓检测物元集中各个物元特征找出与之有相关关系的其他特征, 建立检测物元相关集.
- 3) 一个物元集如果所含的物元的个数为 k , 则称为 k 物元集. 某一特定物元集的出现次数可以用检测物元相关集中包含它的数目来定义. 扫描检测物元相关集中的每一项, 记下它们出现的次数, 建立候选 1 物元集 L_1 , 其中的项是满足最小支持度的 1 物元集.
- 4) 所有候选 1 物元集的子集也是候选 1 物元集.
- 5) 如果候选 1 物元集为空, 则算法终止退出.
- 6) 如果候选 1 物元集不空, 则根据候选 1 物元集中的项, 查找对应的可拓检测物元集中的物元, 并建立这些物元之间的关联规则 $s \Rightarrow L$, 这里 s 是可拓检测物元集中的物元, 而 L 为检测物元相关集中的物元. s 物元便是我们需要找的相关物元.

3 相关物元在可拓检测中的应用

在应用智能化的电饭煲进行煮饭的过程中, 为了决定采用最佳工艺进行煮饭, 常常需要利用计算机自动检测煲内的米量. 由于电饭煲的结构及环境不便采用质量传感器, 电饭煲内的米量成了不可测的量^[4]. 用 A 表示放入电饭煲中的米, 米的多维物元可以表示为:

$$R_r = \begin{bmatrix} A, & \text{质量}, & v_1 \\ & \text{吸热性}, & v_2 \\ & \text{吸水性}, & v_3 \\ & \text{产地}, & v_4 \\ & \text{价格}, & v_5 \\ & \text{存放时间}, & v_6 \\ & \text{种类}, & v_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A, & c_1, & v_1 \\ & c_2, & v_2 \\ & c_3, & v_3 \\ & c_4, & v_4 \\ & c_5, & v_5 \\ & c_6, & v_6 \\ & c_7, & v_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ R_3 \\ R_4 \\ R_5 \\ R_6 \\ R_7 \end{bmatrix}.$$

以上物元构成可拓检测物元集 $D = \langle N, c, v, f \rangle$, 其中 $N = \{R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7\}$, $C = \{c_1, c_2, \dots, c_7\}$, $c_1, c_2, \dots, c_7$ 分别代表特征质量、吸热性、吸水性、产地、价格、存放时间、种类. $V = \{v_1, v_2, \dots, v_7\}$ 是对应特征的量值集合, 函数 $f: R \times C \rightarrow V$ 定义了对对象的特征量值.

由于在电饭煲中无法使用质量传感器和水量传感器, 因此 R_1, R_3 是不可测物元. R_2 可以通过安装温度传感器, 所以 R_2 是可测物元. 下面求取可测物元和不可测物元的可拓检测物元相关集.

在 $R_1 = (A, c_1, v_1)$ 中, 与 c_1 相关的特征表示为:

$$c_1 \sim \begin{cases} c_{11} \\ c_{12} \end{cases},$$

式中 c_{11}, c_{12} 分别代表密度、体积, 则

$$R_1 = (A, c_1, v_1) \sim \begin{bmatrix} A & c_{11} & v_{11} \\ & c_{12} & v_{12} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{11} \\ R_{12} \end{bmatrix},$$

构造 R_1 的检测物元相关集 $e_1 = \{R_{11}, R_{12}\}$.

在 $R_2 = (A, c_2, v_2)$ 中, 与 c_2 相关的特征表示为:

$$c_2 \sim \begin{cases} c_{21} \\ c_{22} \sim \begin{cases} c_{221} \\ c_{222} \end{cases} \\ c_{23} \sim \begin{cases} c_{11} \\ c_{12} \end{cases} \\ c_{24} \end{cases},$$

式中 $c_{21}, c_{22}, c_{23}, c_{24}$ 分别代表加热时间、电饭煲的功率、米的质量、温度; c_{221}, c_{222} 分别代表加热电压和加热电流. 则

$$R_2 = (A, c_2, v_2) \sim \begin{bmatrix} A & c_{21} & v_{21} \\ & c_{221} & v_{221} \\ & c_{222} & v_{222} \\ & c_{11} & v_{11} \\ & c_{12} & v_{12} \\ & c_{24} & v_{24} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{21} \\ R_{221} \\ R_{222} \\ R_{11} \\ R_{12} \\ R_{24} \end{bmatrix}$$

构造 R_2 的检测物元相关集 $e_2 = \{R_{21}, R_{221}, R_{222}, R_{11}, R_{12}, R_{24}\}$.

R_3 中与 c_3 相关的特征表示如下:

$$c_3 \sim \begin{cases} c_{31} \\ c_{32} \end{cases},$$

其中 c_{31}, c_{32} 分别代表米的种类和米的产地

$$R_3 = (A, c_3, v_3) \sim \begin{bmatrix} A & c_{31} & v_{31} \\ & c_{32} & v_{32} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{31} \\ R_{32} \end{bmatrix}.$$

构造 R_3 的检测物元相关集 $e_3 = \{R_{31}, R_{32}\}$.

R_4 中与 c_4 相关的特征表示为:

$$c_4 \sim \begin{cases} c_{41} \\ c_{42} \end{cases},$$

其中 c_{41} 、 c_{42} 、分别代表地理位置和平时气候.

$$R_4 = (A, c_4, v_4) \sim \begin{bmatrix} A, & c_{41}, & v_{41} \\ & c_{42}, & v_{42} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{41} \\ R_{42} \end{bmatrix},$$

构造 R_4 的检测物元相关集 $e_4 = \{R_{41}, R_{42}\}$.

R_5 中与 c_5 相关的特征有: $R_5 = (A, c_5, v_5) \sim (A, \text{平均价格}, v_{55}) = (A, c_{55}, v_{55}) = R_{55}$. 构造 R_5 的检测物元相关集 $e_5 = \{R_{55}\}$.

R_6 中与 c_6 相关的特征有

$$c_6 \sim \begin{cases} c_{61} \\ c_{62} \end{cases},$$

其中 c_{61} 、 c_{62} 分别代表购买时间和现在时间.

$$R_6 = (A, c_6, v_6) \sim \begin{bmatrix} A, & v_{61}, & v_{61} \\ & c_{62}, & v_{62} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{61} \\ R_{62} \end{bmatrix},$$

构造 R_6 的检测物元相关集 $e_6 = \{R_{61}, R_{62}\}$.

R_7 的特征种类不进行可拓变换, $e_7 = \{\text{空集 } \bar{i}\}$.

由上我们建立了检测物元相关集 $F = \{e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6, e_7\}$, 由此我们可以得到表 1 所示.

由表 1 可以看到 $\{R_{11}, R_{12}\}$ 的支持度为 $2/7$, 如果最小支持度设为 $1/7$, $\{R_{11}, R_{12}\}$ 为候选 2 物元集. 然后我们分别对候选物元集求取其子集 $\{R_{11}\}$ 、 $\{R_{12}\}$, 则其子集也是候选物元集, 查找候选物元集中的物元在可拓检测物元集中对应的物元, 由关联规则有 $R_1 \Rightarrow \{R_{11}, R_{12}\}$, $R_2 \Rightarrow \{R_{11}, R_{12}\}$, 由于 R_1 是我们要求解的物元, 所以 R_2 便是 R_1 的相关物元.

在 $R_2 = (A, c_2, v_2)$ 中, 吸热性 c_2 与加热时间 t_m 、电饭煲的功率 P 、米的质量 m 、温度 T 有关.

当电饭煲的功率给定时, 上升的温度与米量成反比, 可表示为如下量值关系

$$m \propto \frac{P \times t_m}{T}.$$

在上式中, 电饭煲的功率 $P = IV$, 其中: V 为电饭煲加热电压, I 为加热电流. 从而可得到米量值:

$$m = f\left(\frac{I \times V \times t_m}{T}\right),$$

式中: t_m 、 I 、 V 、 T 都是可测量参数.

4 结语

对于如何实现不可测问题转换为可测问题, 不可能用单纯的形式逻辑思维来解决, 它需要

表 1 关联表

可拓检测物元集	检测物元相关集
R_1	R_{11}, R_{12}
R_2	$R_{21}, R_{22}, R_{11}, R_{12}, R_{24}$
R_3	R_{31}, R_{32}
R_4	R_{41}, R_{42}
R_5	R_{55}
R_6	R_{61}, R_{62}
R_7	$\bar{i}$

创造性的思维,在形象思维和经验的基础上产生的一种相关发散性思维.物元的可拓性,就是描述相关发散性思维的工具.可拓检测在思想方法和技术路线上与传统的检测技术不同,它以新的概念及理论作为支撑.本文提出了相关物元的概念以及如何应用关联规则寻找相关物元,尝试应用相关物元来获得不可测物元的检测.

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 蔡文,杨春燕,林伟初.可拓工程方法[M],北京:科学出版社,1997.
- [3] 余永权.可拓检测技术[J].中国工程科学,2001,3(4):88-93.
- [4] 余永权.可拓检测的方案生成[J].中国工程科学,2002,4(1):64-68.

Related Matter-element and Its Application in Extension Detecting Technology

LU Qing, YU Yong-quan

(1. Faculty of Computer, Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China)

Abstract: Extension detecting is a new detecting method that is based on the extension analysis method of extenics. Many detecting problems that can not be solved with the traditional detecting method can be detected in the way of detecting the detectable matter-element rather than the undetectable matter-element based on the extension transformation method. Related matter-element is a bridge to connect the undetectable matter-element and the detectable one. The method of finding related matter-element and its application in the extension detecting are presented in the paper.

Key words: extension detecting; matter-element; related matter-element; association rules