

一种基于可拓推理的模糊控制专家系统

罗 珩

(绍兴文理学院 物理系, 浙江 绍兴 312000)

摘要: 提出一种基于可拓推理的模糊控制专家系统的设计方法并给出了结构框图. 该方法模拟人类的创造性和发散性思维过程, 充分挖掘、重组已知信息, 产生新点子、新方法来解决控制目标与控制条件不相容问题, 生成最佳控制规则.

关键词: 模糊控制规则; 不相容问题; 可拓推理

中图分类号: TP18, TP13

文献标识码: A

文章编号: 1007-7162(2003) 01-0089-06

控制规则的设定是模糊控制器开发的核心. 把熟练的操作经验转换成 IF-THEN 型控制规则不仅比较困难, 而且在信息挖掘不足的情况下, 将无法保证其有最佳控制功能. 模糊专家系统大多是模拟人类的逻辑思维活动, 不能很好地表达矛盾转化的辩证思维过程. 本文在可拓学理论上, 通过建立控制目标和控制条件的物元模型, 运用物元的可拓变换技术来模拟在控制规则生成过程中人类的创造性和发散性思维过程以实现控制规则的发散性生成, 然后再采用可拓综合评判方法进行收敛, 产生最佳规则.

1 控制系统的物元知识表达

可拓学的逻辑细胞是物元. 物元具有发散性、相关性、蕴含性和可扩性等可拓性质^[1]. 而物元所具有的发散性是人们进行发散性思维的依据, 它引导人们沿不同的路径去思考、挖掘和重组眼前的信息和记忆中的信息, 从而产生新的思路和方法. 那么如何来模拟发散性思维, 可拓学在这方面作了大量的研究工作, 文献[2]中提出的几种物元变换是行之有效的形式化处理方法. 本文结合模糊全自动洗衣机^[3]讨论可拓方法在模糊控制规则生成中的应用, 并给出一个模糊控制规则生成器的结构框图.

模糊全自动洗衣机的控制系统要达到的控制目标是衣物的洁净度 R , 可用物元 R 描述

$$R = \begin{bmatrix} \text{洁净度 } N, & \text{灰尘含量 } C_1, & C_1(N) \\ & \text{油脂含量 } C_2, & C_2(N) \\ & \text{细菌含量 } C_3, & C_3(N) \\ & \vdots & \vdots \\ & \vdots & C_i & C_i(N) \end{bmatrix},$$

$C_1(N)$ 、 $C_2(N)$ 、 $C_3(N)$... $C_i(N)$ 分别是 N 关于特征 C_1 、 C_2 、 C_3 、... C_i 的模糊量值.

系统中的已知的一组信息和调节手段称为系统的控制条件物元 r .

$$r = (r_1, r_2 \dots r_j \dots r_m),$$

收稿日期: 2002-04-12

作者简介: 罗珩(1962), 女, 副教授, 主要研究方向为计算机应用系统的研究.

其中分物元 r_j 的物元表示式为:

$$r_j = \begin{pmatrix} T_j, & C_{j1}, & C_{j1}(T_j) \\ & C_{j2}, & C_{j2}(T_j) \\ & \vdots & \vdots \\ & C_{jk}, & C_{jk}(T_j) \\ & \vdots & \vdots \\ & C_{jp}, & C_{jp}(T_j) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_{j1} \\ r_{j2} \\ \vdots \\ r_{jk} \\ \vdots \\ r_{jp} \end{pmatrix} \quad j = 1 \dots m,$$

$C_{jk}(T_j)$ 是 T_j 关于特征 C_{jk} 的模糊值, ($k = 1 \dots p$), p 为条件分物元 r_j 的特征个数, $r_{j1} \dots r_{jp}$ 是 r_j 的 p 个一维分物元

本例中, 通过传感器我们可以获得有关衣物的信息, 使用电动机可以调节水流强度、方向, 使用计时器可控制洗涤时间等. 它们构成了该系统的控制条件物元集 r .

$$r = \begin{pmatrix} \text{电动机} \\ \text{计时器} \\ \text{衣物重量} \\ \text{污垢程度} \\ \text{污垢类型} \\ \vdots \\ \text{质料} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \\ r_5 \\ \vdots \\ r_m \end{pmatrix}.$$

每一个分物元都具有其相应的物元模型. 如电动机为本系统的一个条件分物元 r_1 , 用物元模型可表示为:

$$r_1 = \begin{pmatrix} \text{电动机}, & \text{个数}, & N \\ & \text{转速}, & V \\ & \vdots & \vdots \\ & \text{功率}, & W \\ & \vdots & \vdots \\ & \text{功率因数}, & Q \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} D_1, & C_{11}, & C_{11}(D_1) \\ & C_{12}, & C_{12}(D_1) \\ & \vdots & \vdots \\ & C_{1k}, & C_{1k}(D_1) \\ & \vdots & \vdots \\ & C_{1p}, & C_{1p}(D_1) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_{11} \\ r_{12} \\ \vdots \\ r_{1k} \\ \vdots \\ r_{1p} \end{pmatrix},$$

r_{1k} 为 r_1 的分物元, 各特征值 $C_{1k}(D_1)$ 取大、中、小或快、中、慢等模糊值, 其中 $k = 1 \dots p$.

2 基于可拓推理技术的模糊规则的生成

一个完整的思维过程是一个问题解决过程, 它应有如下的基本成份:

- 1) 控制条件物元 r : 已知的一组信息和关于问题解决的一系列陈述.
- 2) 目标物元 R : 思维的终点、问题的解.
- 3) 知识库: 人们的思维赖以进行的基础, 表示人类所具有的关于该方面的知识.

目标物元和控制条件物元构成问题 $P = R * r$, 若在控制条件 r 下, 目标物元 R 不能实现, 则称 P 为不相容问题. 如何使不相容问题转换为相容, 需要进行创造性思维, 而创造性思维的基础是变换. 基于目标物元变换和条件物元变换的可拓推理技术是模糊规则生成器的核心.

目标物元变换: 对系统中一个或多个目标物元, 可在其相应的同征物元集(可扩)中, 搜索符合要求的一个同征物元或多个同征物元的逻辑组合来代替原物元, 搜索的顺序由关联度决定.

控制条件物元变换: 采用置换变换、组合变换、扩缩变换、分解变换等可拓方法^[2], 为给定的目标物元在控制条件物元集中搜索或变换出适当的控制条件物元, 或引入新的控制条件物元, 以达到最佳的控制效果

如本例, 若直接用洁净度 R 作为目标, 则在当前的条件下难以实现控制. 即 R 与 r 为不相容问题. 因此我们采用物元变换 T , 开拓出与其可以相互替代的 n 个分物元和它们的逻辑联式构成同征物元集, 利用同征物元集来描述系统的目标物元知识. 将原有的物元 R 转换为便于控制的物元 R' , 使 R' 与 r 成为相容问题

$$TR = R' = \begin{pmatrix} \text{水流强度} & R_1 \\ \text{洗涤时间} & R_2 \\ \vdots & \vdots \\ \vdots & R_i \\ \vdots & \vdots \\ \text{洗涤剂剂量} & R_n \\ L_R(R_1, \dots, R_i, \dots, R_n) \end{pmatrix},$$

其中 $R_i = (N_i, C_i, C_i(N_i))$. $C_i(N_i)$ 是 N_i 关于特征 C_i 的模糊控制值($i = 1 \dots n$).

对以上的一个或若干个子目标的逻辑联式进行控制可实现对衣物洁净度的控制. 显然控制的效果根据子目标的不同是有所不同的, 它们之间的差别可用可拓学中的关联度来表示, 关联度的确定见参考文献[1]. 同样, 在进行模糊规则生成时, 不仅可对控制条件物元集 r 中的分物元(如电动机)的特征值(如功率、转速等)进行扩缩变换、对分物元(如计时器和电动机)进行与、或等逻辑组合, 也可以在 r 中引入新物元(如加热器等). 我们可利用这些物元变换使控制目标与控制条件朝相互统一的方向转化, 沿多条路径去实现模糊控制规则的生成. 为实现这一目标, 首先建立条件物元知识库.

2.1 条件物元知识库

我们首先引入关系键 G_{jk} 来表示第 i 个子目标与第 j 个条件物元中的第 k 个分物元之间的关系.

$$G_{jk} = \begin{pmatrix} G(R_i, r_{jk}), & CD_{jk}, & X_{jk} \\ & KM_{jk}, & Y_{jk} \\ & FX_{jk}, & Z_{jk} \end{pmatrix} \quad i = 1 \dots n, j = 1 \dots m, k = 1 \dots,$$

其中 CD_{jk} 表示条件物元对目标物元影响程度的大小, 称作键度. KM_{jk} 表示条件物元对目标物元影响的快慢, 称作键速. 其 X_{jk} 、 Y_{jk} 值可以是具体数值, 也可取模糊值. FX_{jk} 表示两物元的变化方向, 称作键向. 当两者的量值同时增大或缩小, $Z_{jk} = 1$, 反之 $Z_{jk} = -1$. 当两物元无关时, 键 G_{jk} 的三要素均取 0. 键中各要素的值可以对系统进行分析得到, 也可以根据人工经验确定. 如本例中 R_1 与 r_1 中的转速 r_{12} 的关系键为:

$$G_{112} = \begin{pmatrix} G(R_1, r_{12}), & CD_{112}, & X_{112} = \text{大} \\ & KM_{112}, & Y_{112} = \text{快} \\ & FX_{112}, & Z_{112} = 1 \end{pmatrix}.$$

据此, 我们可建立起关于 R_i 与 r 关系键 G_{jk} 的三个特征 CD_i 、 KM_i 、 FX_i 的矩阵:

$$CD_i = \begin{pmatrix} X_{i11} & \cdots & X_{i1p} \\ X_{i21} & \cdots & X_{i2p} \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ X_{im1} & \cdots & X_{imp} \end{pmatrix} \quad m^* p \quad i = 1 \dots n.$$

矩阵的一行描述了条件分物元 $r_j (j = 1 \dots m)$ 的 p 个一维分物元对目标 R_i 的影响的程度, 整个矩阵描述了系统所有条件物元中一维分物元对目标 R_i 的影响的程度. 而由 $CD = \{CD_1, CD_2, \dots, CD_i, \dots, CD_n\}$ 构成键度矩阵组. 它描述了系统中所有条件物元的各分物元对所有目标影响的程度.

同理, 我们可得键速关系矩阵组和键向关系矩阵组:

$$KM = \begin{pmatrix} KM_1, KM_2, \dots, KM_i, \dots, KM_n \end{pmatrix},$$
$$FX = \begin{pmatrix} FX_1, FX_2, \dots, FX_i, \dots, FX_n \end{pmatrix}.$$

其中

$$KM_i = \begin{pmatrix} Y_{i11} & \cdots & Y_{i1p} \\ Y_{i21} & \cdots & Y_{i2p} \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ Y_{im1} & \cdots & Y_{imp} \end{pmatrix} \quad m^* p \quad i = 1 \dots n,$$
$$FX_i = \begin{pmatrix} Z_{i11} & \cdots & Z_{i1p} \\ Z_{i21} & \cdots & Z_{i2p} \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ Z_{im1} & \cdots & Z_{imp} \end{pmatrix} \quad m^* p \quad i = 1 \dots n.$$

由 CD 、 KM 、 FX 三个关系矩阵组与控制条件物元集构成条件物元知识库.

2.2 可拓推理

基于产生式规则的知识表示形式是:

IF(条件)THEN(结论/动作)

表示当 IF 部分(条件) 被满足时, 就得出或执行 THEN 部分的(结论或动作)

一个事物与其它事物关于某些特征量值之间存在一定的关系, 因此在同征物元集和条件物元知识库支撑下, 利用这种关系进行推理是可拓推理的特点, 其知识表示形式如下:

$$\text{IF}((C_{ik}(T_j) = S_{jk} | j = 1 \dots m, k = 1 \dots p \quad \text{OR} \quad (C_{ik}(T_j) = S_{jk} | j = 1 \dots m, j \neq i, k = 1 \dots p \quad \text{AND} \\ C_{iq}(T_i) = S_{iq} | i = 1 \dots m, i \neq j, q = 1 \dots p)) \quad \text{AND} \quad (X_{ijk} = A_{ijk} \quad \text{AND} \quad Y_{ijk} = B_{ijk} \quad \text{AND} \\ Z_{ijk} = C_{ijk}) | i = 1 \dots n, j = 1 \dots m, k = 1 \dots p) \quad \text{THEN} \quad (C(N_i) = S_i) | i = 1 \dots n.$$

式中 S (即 S_{jk}, S_{iq} 等) 是关于特征的模糊取值, A 、 B 、 C 分别是关系键三个特征的模糊取值.

上式表示: 如果某一控制条件分物元的某一特征值为 S 或某几个控制条件分物元特征值的逻辑代数和为 S , 并且这些控制条件分物元与某一或某几个控制子目标之间的键度、键速、键向值满足确定值 A 、 B 、 C . 则执行 THEN 部分, 使得某一或某几个控制子目标的特征值 $C(N_i)$ 取某一或一组模糊值 S_i . 如果目标 R 与条件 r 不相容, 则可采用可拓方法^[2]中提供的发散树、分和链、共轭对等技术对输入的目标物元或条件物元作进一步的可拓变换, 生成符合要求的同征物元集和条件物元知识库, 通过选择不同的目标物元和控制条件物元, 使之成为相容问题再进行可拓推理. 在本例中, 应用可拓推理可生成如下形式模糊控制规则:

$F(C_{12}(D_1)$ (即电机转速) = “快” AND $C_{31}(Z_1)$ (即质料) = “棉” AND $C_{51}(H_1)$ (即污垢类性) = “油脂” AND $((X_{112} = “大”$ AND $X_{131} = “中”$ AND $X_{151} = “小”$ AND $X_{312} = “小”$ AND $X_{331} = “中”$ AND $X_{351} = “大”)$ AND $(Y_{112} = “大”$ AND $Y_{131} = “中”$ AND $Y_{151} = “小”$ AND $Y_{312} = “小”$ AND $Y_{331} = “大”$ AND $Y_{351} = “大”)$ AND $(Z_{112} = 1$ AND $Z_{131} = 1$ AND $Z_{151} = 0$ AND $Z_{312} = 0$ AND $Z_{331} = 1$ AND $Z_{351} = 1)$)

THEN($C(N_1)$ = “水流强” AND $C(N_3)$ = “洗涤剂量多”)

.....

这样, 我们能沿多条路径生成多条控制规则构成规则集.

2.3 模糊控制规则生成器的结构

模糊控制规则生成器结构^[4]可用图 1 表示: 1) 物元变换模块采用发散树、分和链等技术对输入的控制目标物元和控制条件物元进行可拓变换, 生成符合要求的可以替代原物元的多个控制子目标和条件分物元, 存入目标物元知识库和条件物元知识库中. 2) 条件物元知识库还存放着通过人机交互生成的关于目标物元和条件物元的 **CD**、**KM**、**FX** 三个关系矩阵组. 3) 公用知识库存放着本领域的一般性知识. 4) 可拓推理机在目标物元知识库、条件物元知识库和公用知识库支持下推理生成多条模糊控制规则, 存入规则库. 在关联度分析基础上根据系统性能指标要求, 可拓综合评判模块对规则库中规则进行收敛, 产生最佳规则(可拓综合评判另文讨论)

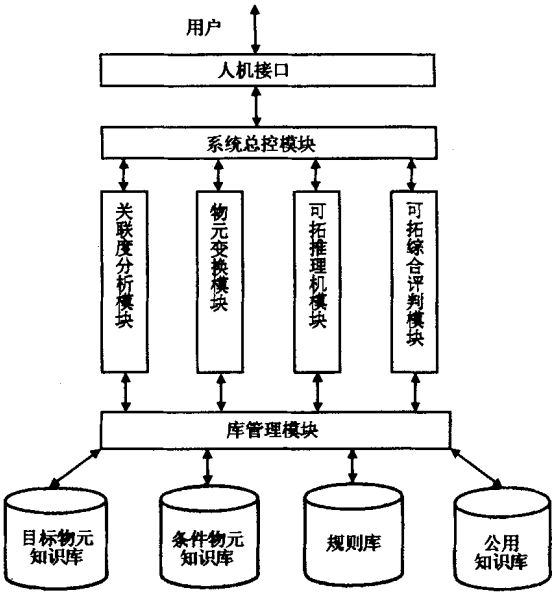


图 1 模糊控制规则生成器结构图

3 结束语

基于目标物元变换和条件物元变换的可拓推理技术能较好地模拟人类的创造性和发散性思维过程, 充分挖掘、重组已知信息, 产生新思路、新方法来解决控制目标和控制条件不相容问题, 生成最佳控制规则.

参考文献:

[1] 蔡文. 物元模型及其应用[M]. 北京: 科学技术文献出版社, 1995.

[2] 蔡文, 春燕, 伟初. 可拓工程方法[M]. 北京: 科学出版社, 1997.

[3] 窦振中. 模糊逻辑控制技术及其应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1995.

[4] 罗珩, 汉平. 智能型交互式集成化可拓策略生成器的设计[J]. 电子科技大学学报, 1997, 26(4): 315-319.

Design on a Fuzzy Control Rule Creator Based on Reasoning of Extension

LUO Heng

(Dept. of Physics, Shaoxing College of Arts and Sciences, Shaoxing 312000, China)

Abstract: Based on reasoning of extension, this paper presents a design method of fuzzy rules generator and gives a structure diagram. By simulating human thought process of creativeness and divergence, the generator can solve the incompatible problem about control aim with condition and create optimal control rules.

Key words: fuzzy control rule; reasoning of extension; incompatible problem

(上接第 88 页)

Lower Bounds of Three Ramsey Numbers for C_4 vs. a Complete Graph

YANG You, XUE Xi-qian, DUAN Zi-ming

(College of Science China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China)

Abstract: Three C_4 -free graphs are structured in this paper, which continues lower bounds of three Ramsey numbers: $r(C_4, K_9) \geq 25$, $r(C_4, K_{14}) \geq 49$, $r(C_4, K_{27}) \geq 121$.

Key words: graph theory; complete graph; ramsey number; lower bound