

# 基于粗集理论的产品配置规则获取方法研究

高天一<sup>1,2</sup>, 孙伟<sup>1</sup>, 马沁怡<sup>1</sup>

GAO Tian-yi<sup>1,2</sup>, SUN Wei<sup>1</sup>, MA Qin-yi<sup>1</sup>

1.大连理工大学 机械工程学院, 辽宁 大连 116024

2.大连水产学院 机械工程学院, 辽宁 大连 116023

1.Department of Mechanical Engineering, Dalian University of Technology, Dalian, Liaoning 116024, China

2.Department of Mechanical Engineering, Dalian Fishery University, Dalian, Liaoning 116024, China

E-mail: gty@dlfu.edu.cn

**GAO Tian-yi, SUN Wei, MA Qin-yi. Research on product configuration rules acquirement method based on rough set theory. Computer Engineering and Applications, 2007, 43(16): 20-21.**

**Abstract:** The acquirement method of product configuration rules is studied based on Rough Set (RS). Terse and significant rules are expressed through information reduction. Information reduction method is given, in which includes RS knowledge modeling, RS decision logic expression, distinction matrix making, cores calculation, attributes reduction, rules generation, etc. Transmission assembly case study is discussed to prove the theory. The configuration model reduction based on RS is put forward and product configuration design rules are discovered.

**Key words:** Rough Set theory; product configuration design; product knowledge management

**摘要:**研究了基于粗集(RS)理论的产品配置规则获取方法,实现信息约简,产生更简洁、更有意义的规则。给出了数据约简方法,包括建立RS知识模型、RS决策逻辑表示、确定辨识矩阵、计算其核心、进行属性约简、规则形成等内容。结合案例进行了验证,利用RS理论对传动机构总成的配置模型进行约简,可以得出最简化的配置规则,用于产品配置设计。

**关键词:**粗集理论;产品配置设计;产品知识管理

文章编号:1002-8331(2007)16-0020-02 文献标识码:A 中图分类号:TP391.72

## 1 引言

客户的个性化需求越来越成为企业策略活动的中心,这就需要提高设计效率、减少设计时间,并满足用户多样化的需求。大规模定制(Mass Customization, MC)生产就是根据客户的个性化需求,以大规模生产的低成本和高效率提供定制产品和服务的一种生产模式。

产品配置设计是基于知识的智能设计,是大规模定制的主要使能技术。产品结构中零部件结点具有配置项和结构选项,在产品定义时,可以设置其选项变量,当用户配置产品时,按照变量的值来确定选择某个产品对象。

对产品结构配置规则进行管理,是对不同版本的零件和部件、结构可选件、互换件、替换件进行管理,对状态规则、版本规则、有效性规则进行获取和维护。建立一种形式化定义配置规则的方法,有效地实现配置知识的表达,可以很容易地实现产品配置设计<sup>[1]</sup>。

## 2 基于RS的产品配置规则获取方法

粗集理论(Rough Set, RS)是一种智能信息处理技术,由波兰科学家Z.Pawlak教授提出,是对不确定、不完整的数据进行

分析、推理、学习、发现知识的数学工具<sup>[2]</sup>。

基于RS理论的知识发掘原理是通过求属性重要性并排序,在泛化关系中找出与原始数据具有同样决策或分辨能力的相关属性的最小集合,实现信息约简,以便产生更简洁、更有意义的知识规则<sup>[3]</sup>。

基于RS理论的产品配置规则获取方法原理是:根据初始数据建立知识模型,确定辨识矩阵,计算其核心,进行属性约简,从而生成规则,存入规则库。

RS理论研究的对象为决策表,这相当于数据库中的关系表,表中的行代表一个对象实例,一列描述对象的一个属性,知识则由属性值表示。RS理论非常适合于对信息表进行挖掘,发现其中的潜在知识。

## 3 案例分析

产品配置设计是基于知识规则的设计,客户不用掌握很多专业化的知识,只是回答系统提出的问题就可以将自己的真正意图提供给配置系统,系统通过配置逻辑的自动推理给出产品的结构树和BOM表,同时,配置系统在用户选择各部件时记录下它们的价格,通过内部的计算给出产品的报价。

**基金项目:**国家自然科学基金(the National Natural Science Foundation of China under Grant No.50475156);辽宁省科学技术基金资助项目(No.1040202)。

**作者简介:**高天一(1969-),男,工学博士,副教授,大连理工大学博士后,主要研究方向:CAD技术。

对于系列产品来说, 产品的整体模型中有若干个带有各种各样选项的零部件, 不同用户有不同的要求, 产品对象可以根据用户的要求选择。产品配置应具有灵活的产品数据配置模式, 配置设计的目标是用最少的零件数, 产生最多的产品类型。因此, 产品配置系统要提供方便、简洁的配置规则, 以便给用户提供所关心的不同类型的产品。

如图 1 所示传动机构总成(106-703000)的配置模型中, 在各结点列出其配置要求, 下面以此为例进行信息约简, 实现产品配置规则的获取。

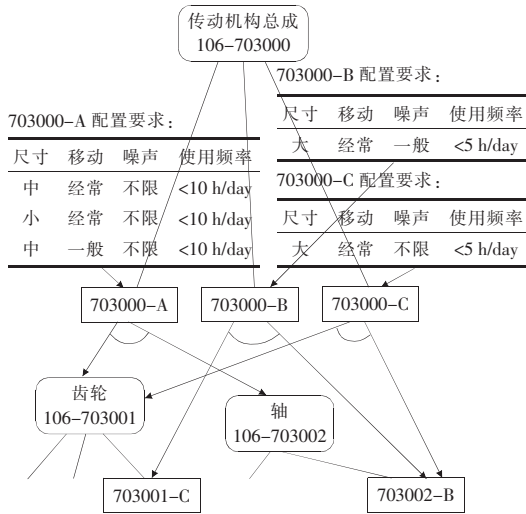


图 1 传动机构总成的配置模型

### 3.1 建立知识模型

一个 RS 知识模型可以定义为:

$$S = \langle U, C, D, V, f \rangle$$

其中  $U$  是对象的集合;  $C \cup D$  是属性集合, 子集  $C$  和  $D$  分别称为条件属性和结果属性;  $V = \bigcup_{a \in A} V_a$  是属性值的集合;  $V_a$  表示了属性  $a \in A$  的范围;  $f: U \times A \rightarrow V$  是一个信息函数, 指定  $U$  中每一对象  $x$  的属性值。

表 1 所示为传动机构总成的 3 个版本(703000-A, 703000-B, 703000-C)按不同的配置条件得到的实例, 利用 RS 理论对该配置表进行约简, 可以得出最简化的配置规则, 用于配置设计。

表 1 传动机构总成的配置表

序号	尺寸	移动	噪声	使用频率	配置实例
1	中	经常	不限	<10 h/day	703000-A
2	大	经常	一般	<5 h/day	703000-B
3	小	经常	不限	<10 h/day	703000-A
4	大	经常	不限	<5 h/day	703000-C
5	中	一般	不限	<10 h/day	703000-A

知识模型是对关系表的抽象表示, 对原关系表进行简化处理, 用数字表示具体含义, 如表 2 所示。

表 2 知识模型

(a)						(b)			
$U$	$a$	$b$	$c$	$d$	$e$	配置选项			
1	1	0	2	1	0	配置条件			
2	0	0	1	2	1	0	1	2	
3	2	0	2	1	0	$a$ -尺寸	大	中	小
4	0	0	2	2	2	$b$ -移动	经常	一般	固定
5	1	1	2	1	0	$c$ -噪声	静音	一般	不限
						$d$ -使用频率	>10 h/day	<10 h/day	<5 h/day
						$e$ -配置实例	703000-A	703000-B	703000-C

### 3.2 计算分明矩阵

为简化计算核心, 一般通过分辨矩阵进行。信息系统  $S$  中关于属性集  $C$  的分辨矩阵  $M(C) = (m_{ij})_{n \times n}$  定义为:

$$M(C) = (m_{ij})_{n \times n} = \begin{cases} \Phi & x_i, x_j \in D \text{ 的同一个等价类} \\ \{c \in C : f(x_i, c) \neq f(x_j, c)\} & x_i, x_j \in D \text{ 的不同等价类} \end{cases}$$

$M(C) = (m_{ij})_{n \times n}$  代表了区分  $x_i, x_j$  的完整信息。

计算分明矩阵和分明函数。分明矩阵如表 3 所示, 由此矩阵可以得到分明函数为:

$$(a \wedge c) \vee (c \wedge d)$$

得到  $(P, Q)$  的两个约简  $(\{a, c\}, Q)$  和  $(\{c, d\}, Q)$ ,  $P$  的核 CORE 为  $\{c\}$ 。其中约简  $(\{a, c\}, Q)$  的逻辑表示为:

$$\begin{aligned} a_1 c_2 &\rightarrow e_0 \\ a_0 c_1 &\rightarrow e_1 \\ a_2 c_2 &\rightarrow e_0 \\ a_0 c_2 &\rightarrow e_2 \\ a_1 c_2 &\rightarrow e_0 \end{aligned}$$

表 3 分明矩阵

	1	2	3	4
1				
2	$a, c, d$			
3		$a, c, d$		
4	$a, d$	$c$	$a, d$	
5		$a, b, c, d$		$a, b, d$

表 4 简化表

	$U$	$a$	$c$	$e$
1	1	1	x	0
2	2	x	1	1
3	3	2	x	0
4	4	0	2	2

### 3.3 约简

(1) 行的约简

由上面约简的逻辑可见, 第 1 条和第 5 条决策规则相同, 可以删除一行。

(2) 属性的约简

计算约简后的每一决策规则的核值, 例如第 1 条规则  $a_1 c_2 \rightarrow e_0$  中:

去掉  $c_2, a_1 \rightarrow e_0$  为真

去掉  $a_1, c_2 \rightarrow e_0$  为假

所以  $a_1$  为该规则的核值, 并且该规则有一个简化, 即  $a_1 \rightarrow e_0$ 。

同样方法得到其他规则的核值。所有的规则都只有一个简化, 列于表 4 中

### 3.4 规则形成

简化后的结果对应的决策逻辑为:

$$\begin{aligned} a_1 &\rightarrow e_0 \\ c_1 &\rightarrow e_1 \\ a_2 &\rightarrow e_0 \\ a_0 c_2 &\rightarrow e_2 \end{aligned}$$

合并第 1, 3 条为:

$$a_1 \vee a_2 \rightarrow e_0$$

转化为部件配置规则为:

配置规则 1

If(结构尺寸=中等尺寸)or(结构尺寸=小尺寸)Then 配置实例=106-700000-A