

基于产品特征向量的产品配置知识表达

刘俊¹, 黄秀玲², 张智光¹

(1. 南京林业大学经济管理学院, 南京 210037; 2. 南京林业大学机械电子工程学院, 南京 210037)

摘要: 针对产品配置对不同产品的适应能力差、配置知识表达复杂的现状, 提出基于产品特征向量的知识表达方法。在产品特征可量化的条件下, 建立基于产品特征向量的产品配置模型, 给出知识表达的理论基础和实现步骤。产品特征向量的引入, 实现了对产品特征的自然语言描述向数学语言描述的转化; 捆绑在组件上的约束和产品特征向量相关, 使约束表达直观、集中, 降低了知识表达的难度, 并给出成功应用案例。

关键词: 产品特征向量; 知识表达; 约束; ERP 产品配置

Knowledge Expression of Product Configuration Based on Product Characteristic Vector

LIU Jun¹, HUANG Xiu-ling², ZHANG Zhi-guang¹

(1. College of Economics and Management, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037;

2. College of Mechanical and Electronic Engineering, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037)

【Abstract】 Aiming at the situation that product configuration can not adapt to different products and knowledge expression is complicated, product configuration based on product characteristic vector is presented. Under the condition of quantifiable product characteristics, the model of product configuration based on product characteristic vector is constructed, and the basic theory and process of knowledge expressions are given. Introducing of product characteristic vector realizes the transformation from the description of natural language of product characteristics into that of math language. Constraints attached to components are related to product characteristic vector, which makes constraint representations simple and concentrated, reducing the difficulty of knowledge expression. And a successful case is illustrated.

【Key words】 product characteristic vector; knowledge expression; constraints; ERP product configuration

1 概述

现代工业的生产模式正由大规模生产向面向客户要求的订单生产方式转变, 产品配置管理在其中担当了重要的角色。客户对产品的要求输入到 ERP 产品配置管理中, 产品配置管理经过运算产生 2 种可能的结果: (1) 产生满足客户要求的实例产品; (2) 不能产生满足客户要求的实例产品。

配置知识的表示方法主要有基于规则、结构、逻辑^[1]、约束满足问题(Constraint Satisfaction Problem, CSP)^[2]和基于广义物料清单(Generic Bill of Material, GBOM)^[3]等知识表达方法。这些配置知识表达暴露出以下问题: (1) 知识表达和维护复杂, 需专业人员参与, 如知识表达分散于若干个相互关联的规则或约束中^[4-5], 知识的表达和维护烦琐、工作量大; (2) 产品配置的适用对象具有局限性。对一个企业合适但对其他企业或行业不一定合适, 产品配置的通用性差。不同企业需根据自身的特点开发产品配置管理系统, 这种重复开发形成极大的资源浪费。

本文提出了基于产品特征向量的产品配置方法, 适用于解决产品特征可量化条件下的配置问题。改进的约束表达方法突破了传统方法中将约束表示为组件之间^[5]、组件和属性、属性和属性之间的联系。

2 基于产品特征向量的产品配置模型

图 1 给出了基于产品特征向量的产品配置模型。产品配置管理系统是所研究的目标系统, 包含知识表达和配置求解 2 个要素, 系统的环境包括产品配置维护人员、产品需求客

户、基础数据模块和其他模块或系统(如生产计划管理、生产管理、财务管理等)。系统输入的信息有: 产品构建知识, 客户需求和组件信息。实例产品是满足客户需求的产品为系统输出信息。

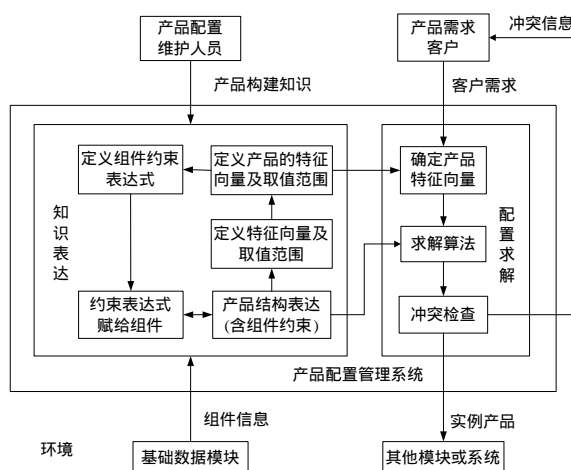


图 1 产品配置系统原理

基金项目: 国家“863”计划基金资助项目“金城CIMS重点应用工程”(863-511-910-403)

作者简介: 刘俊(1972-), 男, 讲师、在职博士研究生, 主研方向: ERP, 企业信息化; 黄秀玲, 讲师; 张智光, 教授、博士生导师

收稿日期: 2007-10-10 **E-mail:** liujun_js2003@yahoo.com.cn

3 基于产品特征向量的知识表达

3.1 知识表达的理论基础

1999年, Friedrish 和 Stumptner 提出基于模型的诊断框架的配置知识表示。配置问题可以表示为一个二元组(DD, SRS)。其中, DD 表示知识集合; SRS 表示用户需求集合。本文在产品特征可量化的条件下, 对产品配置知识(DD)进行深化和发展, 一组定义如下:

定义 1 DD 定义为一个二元组($STRU, CONSTRAINTS$)。其中, $STRU$ 表示对产品结构的表达; $CONSTRAINTS$ 为捆绑在可选组件上的约束条件集合, 当约束条件为真时该可选组件出现在实例产品中。

定义 2 特征向量 $P = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$ 。其中, x_i 为第 i 个特征变量, $i = 1, 2, \dots, n$ 。

特征变量是产品中与配置相关的特征标识, 具有独立定义的特性, 如颜色、车轮, 甚至是气候和道路状况, 只要和配置相关的特征都可以定义为特征变量。

定义 3 设特征向量的值域(特征值集)为 P' , 特征变量 x_i ($i = 1, 2, \dots, n$) 的值域为 x_i' 。若 x_i 为离散型变量, 则 $x_i' = \{x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(j), \dots, x_i(r_i)\}$, $i = 1, 2, \dots, n$ 。其中, x_i' 为特征变量 x_i 的值域, $x_i(j)$ 为特征变量 x_i 的第 j 个特征值, $x_i(j)$ 为整数, $j = 1, 2, \dots, r_i$ 。

如颜色 $COLOR$ 为特征变量, $COLOR$ 的值域为 $\{1, 2\}$, $COLOR = 1$ 为红色, $COLOR = 2$ 为蓝色。对于连续区域也可转化为离散的特征值, 如在 $0 < \text{温度} < 30$ 范围内, 定义 $TEMPERATURE = 1$ 。通过该方法, 实现了将自然语言对产品特征的描述转化为数字化定量的表达。

由定义 3 可知, 设 P_A 是 A 产品的产品特征向量, $P_A = [x_{A1}, x_{A2}, \dots, x_{Ai}, \dots, x_{Ar}]^T$, $x_{Ai} \in \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, 若 $Ai = k$, 则 $x_{Ai} = x_k$, $x_{Ai}' \subseteq x_k'$, x_{Ai}' 为产品 A 中特征变量 x_k 的值域。

如特征变量的总数有 100 个, 而用于产品 A 的特征变量只有 10 个, 这 10 个特征变量就是 A 的产品特征向量。同样, 特征变量的取值范围也会收缩。如特征变量 $COLOR$ 有 200 种颜色可选择, 而用于产品 A 的颜色只有 10 种。由此可见, 从 $P \rightarrow P_A$ 对特征变量的数量进行了压缩, 从 $x_{Ai}' \rightarrow x_k'$ 对特征变量的取值范围进行了压缩。通过这 2 次压缩, P_A 能真实反映产品 A 的特征变量及特征变量的取值范围。

定义 4 产品组件 $COMP$ 由六元组($P-ITEM, C-ITEM, ORDER, SERIES, CONSTRAINT, ATTRS$)表示。

其中, $P-ITEM$ 为上一层组件编码; $C-ITEM$ 为当前层组件编码; $ORDER$ 表示组件在当前层所处的序号, 序号相同表示功能相同或相似, 用 10, 20, 30, ... 来编号; $SERIES$ 表示组件的序号相同时的位次号, 用 1, 2, 3, ... 来编号; $CONSTRAINT$ 表示捆绑到组件上的约束表达式; $ATTRS$ 为其他特征的有限集, 如数量、是否虚拟件等。

如发动机的组件编码为 XL-150-1, 它的上一层组件编码是 AX100(摩托车产品), $ORDER$ 为 20 表示在本层它的序号为 20, 此时的 $SERIES$ 为 1。如该产品还有另一种发动机可选择, 该发动机的组件编码是 XL-150-2, 由于功能相同, 因此 $ORDER$ 仍然为 20。此时 $SERIES$ 为 2, 表示另一种选择。

由定义 4 可知, $STRU$ 可以通过组件迭代的方法求出。

定义 5 $CONSTRAINT$ 的运算对象为产品特征向量, 值为布尔型。当 $CONSTRAINT = \Phi$ 时, 该组件为必选件; 当 $CONSTRAINT$ 为 True 时, 该组件出现在实例产品中; 当 $CONSTRAINT$ 为 False 时, 该组件不出现。

$CONSTRAINT$ 为产品特征向量参与运算的约束表达式。

如 XL-150-1 发动机适合于山地行驶, AX100 产品中 XL-150-1 的约束条件描述为 $ROAD=1$ (在此 “=” 为相等运算符), 且仅当 $ROAD$ 为 1 时, XL-150-1 出现在 AX100 的实例产品中。

由定义 4 和定义 5 可知, 在同层中, $ORDER$ 相同的组件必为可选件, 必须给出组件的约束条件, 且约束条件互斥。对 2 种功能相同的发动机, 必须分别给出这 2 种发动机的约束条件, 否则这 2 种发动机就会同时出现在实例产品中。

由定义 5 可知, 在产品 A 中, 如果没有配置冲突, 对于确定的 P_A , 有唯一的实例产品与之对应。

3.2 知识表达步骤

知识表达步骤如下:

- (1) 建立和维护产品的结构。
- (2) 定义和维护特征向量及特征变量的取值范围。
- (3) 定义和维护产品特征向量及特征变量的取值范围。
- (4) 建立和维护可选组件的约束标识(识别可选组件约束的标志)及约束表达式。
- (5) 将约束标识和约束表达式赋给对应的可选组件。
- (6) 重复以上步骤完成其他产品的知识表达。

3.3 知识表达示例

下面以简化的 AX100(摩托车产品)作为知识表达示例。

首先, 建立 AX100 的产品结构, 如图 2 所示, 分别有 2 种后轮、发动机和前挡泥板供选择。

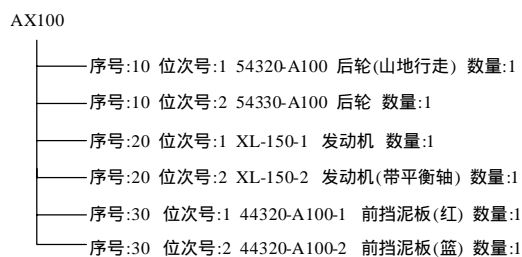


图 2 产品结构图

根据步骤(2), 定义 $P = [x_1, x_2, x_3]^T$ 。其中, x_1 表示道路情况; x_2 表示档次; x_3 表示颜色。 x_1, x_2, x_3 的值域分别为 $x_1' = \{1, 2\}$, $x_2' = \{1, 2\}$, $x_3' = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$, $x_1 = 1$ 为山地路况, $x_1 = 2$ 为普通路况, $x_2 = 1$ 为中档, $x_2 = 2$ 为高档, $x_3 = 1$ 为红色, $x_3 = 2$ 为蓝色等。

根据步骤(3), 定义 $P_A = [x_1, x_2, x_3]^T$, 并取 $x_3' = \{1, 2\}$ 。这里没有对特征变量进行压缩, 只对 x_3 的取值范围进行了筛选。

根据步骤(4), 建立 AX100 的约束标识和约束表达式, 见表 1。约束表达式 $x_1 = 1$ 或 $x_2 = 2$ 表示在山地行驶或高档车上使用带平衡轴的发动机; 约束表达式 $x_2 = 1$ 且 $x_1 \neq 1$ 表示非山地行驶的中档车采用型号为 XL-150-1 的发动机。

表 1 约束标识和约束表达式的定义

可选件	约束标识	约束表达式
54320-A100	CONS1	$x_1 = 1$
54330-A100	CONS2	$x_1 = 2$
XL-150-1	CONS3	$x_2 = 1$ 且 $x_1 \neq 1$
XL-150-2	CONS4	$x_1 = 1$ 或 $x_2 = 2$
44320-A100-1	CONS5	$x_3 = 1$
44320-A100-2	CONS6	$x_3 = 2$

根据步骤(5), 将约束标识和约束表达式赋给对应的可选组件。如果用户给出普通路况、高档、红色的产品特征, 即

(下转第 23 页)