

基于多色集合的产品配置与可扩展性分析

乔虎, 莫蓉, 杨海成, 向颖

(西北工业大学 现代设计与集成制造技术教育部重点实验室, 陕西 西安 710072)

摘要:针对产品配置结果多样化,配置模型可扩展等需求,提出使用多色集合进行产品配置求解,算法易于扩展,求解结果多样化。以产品模块为单位,使用功能块对产品模块进行聚类,控制单次求解规模。基于需求与产品系列的关系、需求与模块的关系以及性能与模块的关系,建立多层多色集合围道矩阵。考虑产品配置特点,提出统一颜色的体的推理算法,并建立产品配置求解流程。通过研究需求及模块变化对多色集合求解的影响,讨论了产品配置模型的可扩展性和扩展影响。最后,以某型罐式运输车为对象,验证多色集合产品配置模型的可靠性和合理性。

关键词:产品配置;多色集合;可扩展性;功能块

中图分类号:TP391

文献标志码:A

文章编号:1000-2758(2015)06-0942-07

产品配置的目的是在合理的时间内取得符合需求的产品方案或方案集合,随着产品复杂度的不断提高,产品配置过程也越来越复杂。研究人员使用不同的理论模型和算法对产品配置进行了一定的优化,但仍存在配置结果单一,且较少考虑配置模型的可扩展性等问题。

俄罗斯 Pavlov 教授于 1995 年提出多色集合 (polychromatic sets) 的概念,并于 2002 年^[1]提出了多色集合的体系结构。多色集合中,集合的元素和整体都被涂上不同的颜色,用来表示研究对象和它的元素性质。多色集合理论作为一种信息处理数学工具,其目的在于使用形式相同的数学模型仿真不同的对象^[2]。通过使用多色集合理论建立的数学模型,可以推理得到所有满足约束条件的结构组合^[3]。李宗斌等^[4]将多色集合引入产品概念设计领域,验证多色集合求解的多样性,但仅停留在产品选型阶段,且未涉及多色集合的可扩展性问题。

综上所述,针对产品配置结果多样化,配置模型可扩展等需求,结合前人研究成果,引入多色集合建立产品配置模型,对模块化产品配置进行求解。基于需求与产品系列的关系、需求与模块的关系以及性能与模块的关系,建立多层多色集合围道矩阵。考虑产品配置特点,提出统一颜色的体的推理算法,

并建立产品配置求解流程。讨论客户需求及模块变化对求解模型的影响,表明该模型满足可扩展需求。最后以实例验证该方法的有效性和合理性。

1 配置模型的影响因素及处理

影响配置模型的主要因素包括单次求解规模和求解所用的模块资源组织。

1.1 单次求解规模控制

根据客户需求与产品模块的对应关系,以一个或多个需求为基础,对需求相关的模块进行组织,并将与需求相关模块具有强关联关系^[5]的模块纳入组织进行统一管理,形成内部高耦合、外部低耦合的模块集合,定义为功能块。

功能块不仅反映需求与模块的对应关系,也能够对模块间的结构约束进行描述。功能块的使用将传统配置过程划分为功能配置和模块实例化 2 个过程,其中模块实例化以功能块为单位进行,配置过程可以多进程并行求解。功能块具有一次构建、重复使用的特点。在构建完成后,使得配置问题可以划分为若干以功能块为单位的子问题,由于子问题规模小,单次求解子问题效率高,且可并行求解,因此

有利于提高产品配置的效率。

功能块形成后,由于模块间约束的存在,可能出现某模块的配置基于相关模块配置结果的现象,导致模块的配置需顺序进行。当这样的模块存在于 2 个功能块内,则功能块的配置过程也需要顺序执行(见图 1),否则功能块可并行配置。

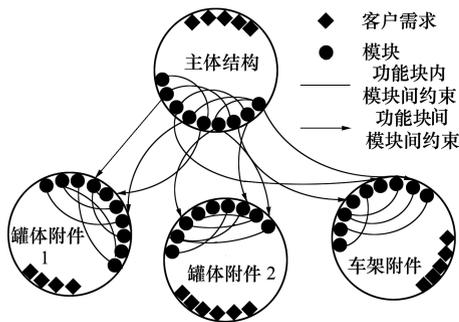


图 1 某型罐式半挂车产品组织模型示意图

1.2 模块库处理

企业产品可以划分为若干产品系列,不同的产品系列可能包含有相同的模块。因此,将产品模块按照功能划分建立模块库,将所有模块按照功能的一致性进行管理。同一产品系列中的产品在模块组成上一般具有较大的相似性,利用产品模块的这一特性,将模块库按照适用的产品系列划分,形成专用模块系列,定义为模块子库。

模块库由若干子库构成,子库中的模块具有相同的功能,但是由于接口、结构等因素,只能应用于某一个或几个系列的产品。在模块库的基础上,子库按照模块适用的产品系列进行划分,如图 2 所示“产品系列 A:模块系列 01”表示此子库位于“模块库 01”中,子库中的模块具有功能 01,且适用于产品系列 A。

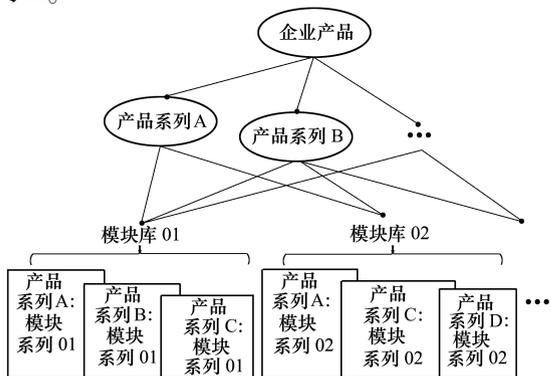


图 2 模块库与模块子库

2 多色集合配置模型

罐式运输车是典型的定制型模块化产品,具有产品按照客户需求定制,批次产品数量少的特点。本文以某型罐式运输车为例,建立基于多色集合的产品配置模型。

2.1 配置模型围道矩阵的建立

多色集合中,集合的元素和整体都被涂上不同的颜色,用来表示研究对象和它的元素性质。围道矩阵反映了多色集合中的元素构成和元素与颜色间的关系^[6]。多色集合求解过程可分为 2 个过程:目标产品系列归属和功能块配置。由于求解条件和目标不同,各个过程的统一颜色和元素也不同。

1) 目标产品系列归属相关围道矩阵的建立:

目标产品系列归属根据部分客户需求确定目标产品所属产品系列,则客户需求为多色集合中的统一颜色 $F(S)$,产品系列的分类标准作为元素集合 S ,产品系列围道矩阵 $[S \times F(S)]$ 如图 3 所示。

		普通装运	高压装运	容量 10 ~ 20 m ³	容量 20 ~ 30 m ³	容量 30 ~ 50 m ³
		$F_{1,1}$	$F_{1,2}$	$F_{1,3}$	$F_{1,4}$	$F_{1,5}$
单车	$S_{2,1}$	●	●	●	●	
半挂车	$S_{2,2}$	●	●		●	●
圆截面罐体	$S_{2,3}$	●	●	●	●	●
方圆截面罐体	$S_{2,4}$	●		●	●	●
耐压封头	$S_{2,5}$		●	●	●	●
普通封头	$S_{2,6}$	●		●	●	●

图 3 产品系列围道矩阵

该矩阵为布尔矩阵,如果矩阵中节点为●,则表示元素 $S_{2,a} \in S$ 具有颜色 $F_{1,b} \in F(S)$ 。该矩阵的第 i 个行向量中,为●的节点确定了元素 $S_{2,i}$ 所有的统一颜色,实现了对 $S_{2,i}$ 的统一着色。例如,元素 $S_{2,5}$ 耐压封头能够实现统一颜色 $F_{1,2}$ 高压装运,因此对 $S_{2,5}$ 的着色可以表示为 $F(S_{2,5}) = \{F_{1,2}\}$ 。

产品系列围道矩阵 $[S \times F(S)]$ 描述了产品系列与客户需求的着色关系,是建立统一颜色布尔矩

阵[$S \times S(F)$]的基础。

2) 功能块配置相关围道矩阵的建立

目标产品所属产品系列确定后,目标产品包含的功能块随之确定,适用于该产品系列的模块子库也随之确定,产品配置过程细化为以该产品系列模块子库为资源的多个功能块配置过程。针对客户需求与模块功能和性能的对应关系,功能块配置过程可以进一步分解为:模块子库精简、模块性能评估。

a) 模块子库精简相关围道矩阵的建立:

模块子库精简即根据客户功能需求,以功能块为单位对适用于该产品系列的模块子库进一步筛选的过程。模块子库精简过程以功能块为单位,将模块功能相关需求细化为统一颜色 $F(M)$,功能块对应的各个模块子库为元素集合 M 。可以建立主体结构功能块的模块子库围道矩阵[$M \times F(M)$]。

模块子库围道矩阵[$M \times F(M)$]描述了模块功能与客户功能需求的着色关系,是建立统一颜色布尔矩阵[$M \times M(F)$]的基础。

b) 模块性能评估相关围道矩阵的建立:

模块性能评估即根据客户对产品的性能需求,对模块子库中的模块进行筛选,获取可行模块的过程。设定客户对产品的性能要求为多色集合的统一颜色 $F(A)$,模块的性能为元素集合 A ,建立模块围道矩阵[$A \times F(A)$]。

模块围道矩阵[$A \times F(A)$]描述了模块与客户性能需求的着色关系,是建立统一颜色布尔矩阵[$A \times A(F)$]的基础。

模块子库围道矩阵与模块围道矩阵中各节点的含义与产品系列围道中节点含义类似,在此不再赘述。

2.2 配置模型统一颜色布尔矩阵的建立

定义 当元素 $S_{2,a} \in S$ 存在时如果 $F_{1,b} \in F(S)$ 也存在,元素 $S_{2,a} \in S$ 的组成 $S_k(F) = (S_{2,a1}, S_{2,a2}, \dots, S_{2,an})$ 就被称为该统一颜色的体。根据上述定义,多色集合中的一个体对应多色图中的一个节点序列

$$\mu = (S_{2,a1}, S_{2,a2}, \dots, S_{2,an}) \quad (1)$$

着色 $F(\mu)$ 对应该路径,是节点的着色函数

$$F(\mu) = F_{1,b} \quad (2)$$

在目标产品系列归属阶段,为了确定产品所属系列,需同时实现一对统一颜色:装运类型和容量。因此,第 i 种产品系列方案的着色函数

$$F(\mu_i) = (F_{1,x}, F_{1,y}) \quad (3)$$

式中, $x \in 1, 2, y \in 3, 4, 5$ 。

根据(1)式和(2)式,求解着色函数的过程为体的推理过程。

产品配置过程的各层围道矩阵中,元素可以划分为不同类型,每种类型元素间具有互斥性。例如产品系列围道矩阵的元素包括:车体类型、罐体类型和封头类型等 3 类,每类元素在一个体中只能使用一种。

设围道矩阵包含的元素共 m 类,第 p 类元素的数量为 q_p ,实现一对统一颜色的体 $S_k(F_x, F_y)$,且 $x \in X, y \in Y$ 。基于产品配置围道矩阵分析,提出体的推理算法。

算法 1:统一颜色的体的推理算法

Input: [$S \times F(S)$], $F(\mu_i)$

Output: [$S \times S(F)$]

- 1) 令 $j = 1, p = 1$, 且 $j \in q_p, p \in m$ 。
- 2) 若第 j 行与第 x 列相交的节点为 \bullet , 且与第 y 列相交的节点同为 \bullet , 则元素 $S_j \in S_k(F_x, F_y)$, 删除第 j 行节点。否则 $j = j + 1$, 至 $j = q_p$ 。
- 3) $p = p + 1$, 至 $p = m$ 。
- 4) $S_{k+1} = S_k$, 重复步骤 1 ~ 3, 若存在元素 $S_j \in S_{k+1}$, 删除 S_{k+1} 中的同类元素, continue。若存在元素 $S_j \in S_{k+1}$ 为假, 进入步骤 5。
- 5) 若 $x \in X, x = x + 1$, 循环。
- 6) 若 $y \in Y, y = y + 1$, 循环。
- 7) 以 $S_k(F_x, F_y)$ 为列向量, 构建布尔矩阵 [$S \times S(F)$]。

使用算法 1, 根据产品系列围道矩阵推理得到所有体的布尔矩阵[$S \times S(F)$]如图 4 所示。

	$S_1(F_{1,1}, F_{1,3})$	$S_2(F_{1,1}, F_{1,3})$	$S_1(F_{1,1}, F_{1,4})$	$S_2(F_{1,1}, F_{1,4})$	$S_3(F_{1,1}, F_{1,4})$	$S_4(F_{1,1}, F_{1,4})$	$S_1(F_{1,1}, F_{1,5})$	$S_2(F_{1,1}, F_{1,5})$	$S_1(F_{1,2}, F_{1,3})$	$S_1(F_{1,2}, F_{1,4})$	$S_2(F_{1,2}, F_{1,4})$	$S_1(F_{1,2}, F_{1,5})$	$S_1(F_{1,2}, F_{1,3})$	
$S_{2,1}$	\bullet	\bullet	\bullet	\bullet					\bullet	\bullet				
$S_{2,2}$					\bullet	\bullet	\bullet	\bullet					\bullet	\bullet
$S_{2,3}$	\bullet		\bullet		\bullet		\bullet		\bullet	\bullet	\bullet	\bullet	\bullet	
$S_{2,4}$		\bullet		\bullet		\bullet		\bullet						
$S_{2,5}$									\bullet	\bullet	\bullet	\bullet		
$S_{2,6}$	\bullet													

图 4 布尔矩阵[$S \times S(F)$]

在这个多色集合中,每一个体同时实现一对统

一颜色:装运类型和容量。如果需求为普通装运且容量为 $10 \sim 20 \text{ m}^3$, 则 $F(\mu) = (F_{1,1}, F_{1,3}) = S_1(F_{1,1}, F_{1,3}) \vee S_2(F_{1,1}, F_{1,3})$ 。

使用算法 1, 根据模块子库围道矩阵和模块围道矩阵, 可以推理得到布尔矩阵 $[M \times M(F)]$ 和 $[A \times A(F)]$ 。

2.3 产品配置求解流程

基于多色集合的产品配置求解是一个逐层求解的过程。各层的求解矩阵不同, 所需的求解资源也不同。产品配置求解过程中的求解资源变化如图 5 所示。在目标产品系列归属阶段, 某系列产品适用的模块子库为目标, 模块库为资源。模块子库精简阶段, 符合客户功能需求的模块子库为目标, 某系列产品适用的模块子库为资源。模块性能评估阶段, 符合客户性能需求的模块子库为目标, 符合客户功能需求的模块子库为资源。资源的变化过程符合模块库的组织结构: 模块库 \rightarrow 模块子库 \rightarrow 部分模块子库 \rightarrow 模块集合。各级资源紧密联系, 资源划分明确, 资源规模逐级减少, 有助于求解效率的提高, 为多色集合产品配置求解提供支持。

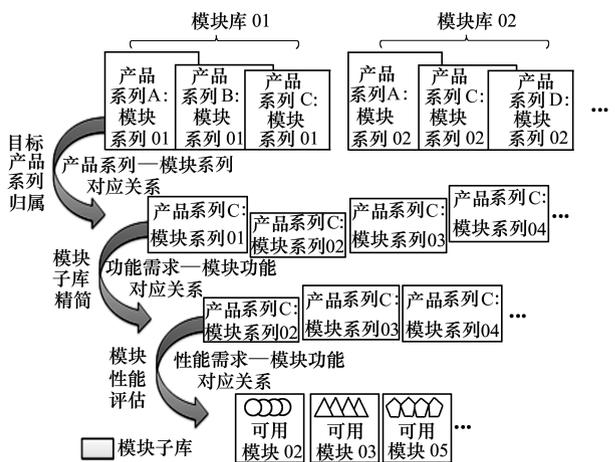


图 5 产品配置过程中求解资源变化详情

根据求解资源的变化, 建立产品配置的三阶段求解结构。

阶段 1 目标产品系列归属

步骤 1 输入总体需求, 根据布尔矩阵 $[S \times S(F)]$, 确定所需产品结构所属的产品系列。

步骤 2 根据产品结构所属产品系列, 确定产品结构包含的功能块, 提取适用于该产品系列的模块子库 (见图 5)。

阶段 2 模块子库精简

步骤 3 以功能块为单位进行配置, 根据布尔矩阵 $[M \times M(F)]$, 得到所需模块子库。

步骤 4 如果功能块配置需顺序执行, 则顺序执行功能块配置, 直到所有功能块配置完成。

步骤 5 获取精简后的模块子库作为模块性能评估阶段的资源 (见图 5)。

阶段 3 模块性能评估

步骤 6 以精简后的模块子库为资源, 客户性能需求为目标, 对每一个功能块配置结果, 根据布尔矩阵 $[A \times A(F)]$, 得到符合性能要求的模块集合。

步骤 7 将求解所得模块集合组合得到多项符合客户需求的产品结构。

3 配置模型可扩展性分析

3.1 需求变化对多色集合的影响

在描述模块化产品配置的多色图中, 需求的变化表现为着色函数 $F(\mu_i)$ 中统一颜色 F_j 的添加、缺失或替换, 不会引起多色图的变化。变化后的着色函数 $F(\mu')$ 在 $[A \times A(F)]$ 矩阵中仍存在对应的列向量, 即满足新的需求组合的体: $A(F\mu)$ 。

若多色图不能满足客户需求, 即 $[A \times A(F)]$ 矩阵包含的体不能满足新的着色函数 $F(\mu')$, 则需要研发新的模块以形成新的体并添加至多色图中。

3.2 模块变化对多色集合的影响

在多色集合中, 所有统一颜色 $F_j \in F(A)$ 的体的组成为^[6]

$$A(F_j) = \bigvee_{k=1}^m A_k(F_j) = \bigvee_{k=1}^m \bigwedge_{p=1}^n (M_{ip})_k \quad (4)$$

式中描述了实现统一颜色 F_j 的体的组成。其中, “ \vee ” 为析取符号, “ \wedge ” 为合取符号。

定义 1 集合 A 中存在互斥约束的元素形成的子集为单选子集, 记为 $A^{\textcircled{R}}$ 。

推论 1 若集合 $A^{\textcircled{R}}$ 存在, 则 $A^{\textcircled{R}}$ 中至少包含 2 个元素。

推论 2 所有统一颜色 $F_j \in F(A)$ 的任一集中最多包含 $A^{\textcircled{R}}$ 的一个元素。

在产品配置中, $A^{\textcircled{R}}$ 的一个典型例子是功能相同、性能不同的模块集合。在描述模块化产品配置的多色集合中, 将符合单选子集定义的模块集合记为 $M^{\textcircled{R}}$ 。由推论 1 可得, $M^{\textcircled{R}}$ 包含的模块数量 $c_i \geq 2$ 。根据多色集合所有统一颜色的体的组成公式, 结合推论 2, 可以得到模块集合 $M^{\textcircled{R}}$ 变化后, 所有统一

颜色的体的组成为

$$A(F_j) = \bigvee_{k=1}^{m \times n} \bigwedge_{i_p=1}^n (M_{ip})_k \quad (5)$$

$$x = \begin{cases} \lambda \prod_{i=2}^r c_i & s = 1 \\ \lambda \left(\prod_{i=1}^{s-1} c_i + \prod_{i=s+1}^r c_i \right) & 1 < s < r \\ \lambda \prod_{i=1}^{r-1} c_i & s = r \end{cases} \quad (6)$$

式中, r 为元素个数大于 1 的单选子集的个数, c_i 为第 i 个单选子集包含的模块总数, 为增加或减少的模块个数。

集合 $A^{\textcircled{R}}$ 中的元素变化在 $[A \times A(F)]$ 矩阵中表现为行向量的增加或减少, 即模块的增加或减少。由此引发体的变化表现为 $[A \times A(F)]$ 矩阵列向量的增加或减少, 即配置方案的增加或减少。

3.3 配置模型可扩展性分析

根据需求变化和模块变化对多色图的影响分析, 可以得到如下结论:

1) 多色图对于客户需求变化表现出较高的稳定性。随着新的体的不断增加, 多色图的稳定性也不断提高。

2) 模块变化对布尔矩阵 $[A \times A(F)]$ 的影响仅限于行列增减, 与变化模块无关的体保持不变。因此, 单次、少量的模块变化对多色图的影响有限。

3) 功能块或模块子库的变化对布尔矩阵 $[S \times F(S)]$ 或 $[M \times F(M)]$ 的影响类似于模块变化对布尔矩阵 $[A \times A(F)]$ 的影响。

4) 多色图对于需求变化的稳定性和模块变化的不变性, 能够快速应对需求和模块变化并进行积累, 表明基于多色集合的产品配置模型具有良好的可扩展性。

4 实 例

此处以罐式运输车为例对上述方法的有效性和合理性进行验证。

阶段 1 目标产品系列归属

步骤 1 假定需要容量 30 ~ 45 m³, 普通装运的罐式运输车, 那么着色 $F(\mu_1) = (F_{1,1}, F_{1,5})$ 。

由图 4, 着色 $F(\mu_1)$ 的体可以形式化表示为:

$$S(F_{1,1}, F_{1,5}) = S_{2,2} \wedge S_{2,3} \wedge S_{2,6} \vee S_{2,2} \wedge S_{2,4} \wedge S_{2,6}$$

根据统一颜色的体的表示, 可以得到符合要求

的产品系列。考虑同体积条件下, 方圆截面罐体较圆截面罐体车辆长度较短, 选择方案 2。

步骤 2 产品系列确定后, 提取该系列的功能块和模块子库。如图 1 所示, 罐式半挂车由 4 个功能块组成: 主体结构、罐体附件 1、罐体附件 2、车架附件。其中, 主体结构中的部分模块决定了其他功能块中的模块。因此, 罐式半挂车功能块的配置过程需顺序执行。

阶段 2 模块子库精简

步骤 3 罐式半挂车的功能块配置需顺序执行, 配置从主体结构功能块开始。

设定客户需求为双舱、等截面、载质量 > 25 t 的罐式半挂车, 多色集合的着色函数 $F(\mu_2) = (F_{3,2}, F_{3,6}, F_{3,8})$ 。

着色 $F(\mu_2)$ 的体可以形式化表示为

$$M(F_{3,2}, F_{3,6}, F_{3,8}) =$$

$$\begin{aligned} & M_{4,1} \wedge M_{4,5} \wedge M_{4,11} \wedge M_{4,13} \wedge M_{4,14} \wedge M_{4,15} \\ & \vee M_{4,1} \wedge M_{4,6} \wedge M_{4,11} \wedge M_{4,13} \wedge M_{4,14} \wedge M_{4,15} \\ & \vee M_{4,1} \wedge M_{4,5} \wedge M_{4,12} \wedge M_{4,13} \wedge M_{4,14} \wedge M_{4,15} \\ & \vee M_{4,1} \wedge M_{4,6} \wedge M_{4,12} \wedge M_{4,13} \wedge M_{4,14} \wedge M_{4,15} \end{aligned}$$

综合考虑产品耐用性和牢固性, 选择方案 4。

步骤 4 由于功能块之间存在顺序配置关系, 根据主体结构功能块的配置结果, 进行其他 3 个功能块并行配置求解。

步骤 5 获取步骤 3 和步骤 4 所得模块子库作为模块性能评估阶段的资源

阶段 3 模块性能评估

步骤 6 步骤 5 获取的模块子库为符合客户功能需求的产品模块子库。以主体结构功能块为例, 设定客户对产品的性能要求为酸性装运, 且载质量为 40 t, 则多色集合的着色 $F(\mu_3) = (F_{5,2}, F_{5,6})$ 。

着色 $F(\mu_3)$ 的体可以形式化表示为

$$A(F_{5,2}, F_{5,6}) =$$

$$\begin{aligned} & A_{6,2} \wedge A_{6,5} \wedge A_{6,8} \wedge A_{6,10} \wedge A_{6,12} \\ & \vee A_{6,2} \wedge A_{6,5} \wedge A_{6,8} \wedge A_{6,9} \wedge A_{6,12} \end{aligned}$$

综合考虑成本因素, 选择方案 1。

步骤 7 主体结构功能块求解所得的模块集合如表 1 所示。

表1 主体结构功能块求解结果

产品系列	模块子库	模块集合	可选数量
普通封头 方圆截面罐体 半挂车	单隔仓板	耐酸隔仓板	1
	三阻浪板	耐酸阻浪板	2
	等截面车架 2	等截面车架 2	1
	车轴	三轴	2
	升降支腿	重型支腿	2

由表1得,主体结构可能的组合方案有 $n = 1 \times 2 \times 1 \times 2 \times 2 = 8$, 共8种。将各个组合方案按照价格优先、性能优先或耐久度优先进行排序。客户按照排序结果选择适合的罐式运输车主体结构。其他各功能块的求解与主体结构功能块类似,此处不再详细求解。

5 结 论

本文研究了多色集合配置产品过程的合理性和可扩展性及扩展影响。

1) 基于功能块将模块化产品配置的各个要素映射为多色集合的元素、统一颜色等,建立产品配置的多层多色集合求解模型。该模型从功能和性能两方面实现产品配置过程的形式化描述和推理。

2) 所建立的多色集合求解模型能够快速配置得到所有满足客户需求的产品方案,配置结果具有多样性。

3) 多色集合配置模型使用布尔矩阵进行信息与逻辑关系表示。添加或删除功能块、模块子库或模块形成新体时,只需调整对应的布尔矩阵。对功能块、模块子库或模块的变化有较强的适应能力,具有可扩展性。

参考文献:

- [1] Pavlov V V. Polychromatic Sets and Graphs for CALS[M]. Moscow Russia: Stankin Press, 2002
- [2] 唐凤鸣,李宗斌. 基于多色集合理论的机械产品概念设计方法研究[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2003, 15(2): 150-155
Tang Fengming, Li Zongbin. A New Approach to Conceptual Design of Mechanical Products Using Polychromatic Sets[J]. Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics, 2003, 15(2): 150-155 (in Chinese)
- [3] 姜莉莉,习小英,李敏,等. 基于多色集合理论的夹具概念设计研究[J]. 中国机械工程, 2006, 17(8):832-836
Jiang Lili, Xi Xiaoying, Li Min, et al. Research on Conceptual Design of Jig and Fixture Based on Polychromatic Sets[J]. China Mechanical Engineering, 2006, 17(8): 832-836 (in Chinese)
- [4] Gao X, Li Z, Li L. A Process Model for Concurrent Design in Manufacturing Enterprise Information Systems[J]. Enterprise Information Systems, 2008, 2(1): 33-46
- [5] 乔虎,莫蓉,杨海成,等. 一种考虑客户需求的产品模块规划方法[J]. 西北工业大学学报, 2014, 32(2):256-261
Qiao Hu, Mo Rong, Yang Haicheng, et al. A Product Modular Planning Method Considering Custom Needs[J]. Journal of Northwestern Polytechnical University, 2014, 32(2): 256-261 (in Chinese)
- [6] Gao X, Xu L, Wang X, Li Y, et al. Workflow Process Modelling and Resource Allocation Based on Polychromatic Sets Theory [J]. Enterprise Information Systems, 2013, 7(2):198-226

Product Configuration and Scalability Analysis based on Polychromatic Sets

Qiao Hu, Mo Rong, Yang Haicheng, Xiang Ying

(Key Laboratory of Contemporary Design and Integrated Manufacturing Technology,
Ministry of Education, at Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

Abstract: In order to meet the needs of configuration diversification and configuration model scalability, polychromatic sets is used to conduct product configuration. This algorithm is easy to extend and its solution meets diversify requirement. In order to control single solution scale, the function sets is taken as the unit for conducting polychromatic set solving. According to the three correspondences between function needs and product series, between function needs and modules, and between capability needs and modules, three multilayer polychromatic set contour-comprising matrices are respectively established. The unified color reasoning algorithm is proposed and the configuration process is established based on the analysis of product configuration characteristics. Considering the respective changes in needs and modules, we discussed the scalability influence of product configuration model. In the end, an application case of tank truck was provided to verify the reliability and rationality of the polychromatic set solving algorithm in product configuration.

Key words: Adaptive control systems, algorithms, analytic hierarchy process, Boolean algebra, cluster analysis, conformal mapping, constrained optimization, control, control system applications, flowcharting, functions, mathematical models, MATLAB, matrix algebra, reliability analysis, scalability, schematic diagrams; function sets, polychromatic sets, product configuration

西工大故事②第 12 位杰出校友张庆伟的简历

张庆伟的简历摘自西工大故事②第 98 页,全文如下:

张庆伟,1961 年 11 月生,河北乐亭人;1978 年考入西北工业大学飞机系飞机设计专业,1988 年西北工业大学飞机系飞机设计专业研究生毕业;现任河北省委副书记,省长;先后担任中国航天科技集团公司总经理、党组书记,载人航天工程副总指挥,国防科学技术工业委员会主任、党组书记,绕月探测工程领导小组组长,大型客机项目筹备组组长、中国商用飞机公司董事长、党委书记,国务院大型飞机重大事项领导小组副组长,第十六届、第十七届、第十八届中央委员。

以上简历似对阅读 ARJ 新支线飞机及 C919 大型客机的重要报道(见《人民日报》2015 年 11 月 30 日星期一第 10 版经济)有些帮助。

胡沛泉

2015 年 12 月