

workflow 组织资源建模及其形式化配置方法

高新勤, 李宗斌, 杜轩, 闫利军

(西安交通大学机械制造系统工程国家重点实验室, 710049, 西安)

摘要: 提出了基于统一建模语言(UML)和多色集合(PS)的 workflow 组织资源模型及其形式化配置方法,建立了包含部门和工作组的 workflow 组织资源 UML 类图模型. 结合制造企业的工作流过程,对通用的组织资源 UML 类图模型进行了实例化,建立了 workflow 组织资源的 UML 对象图模型. 基于 PS 理论,对 workflow 组织资源的类图模型和对象图模型进行了形式化描述,建立了 workflow 组织资源的 PS 层次结构模型. 通过对 PS 围道矩阵的递阶推理,完成了 workflow 过程活动的形式化资源配置,并将其表示为多色集合中体的形式,从而实现了制造企业 workflow 组织资源模型与 workflow 过程模型的良好连接.

关键词: 统一建模语言; 多色集合理论; 组织资源建模; 形式化配置

中图分类号: TH166 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-987X(2009)01-0052-05

Modeling and Allocation of Workflow Organizational Resource

GAO Xinqin, LI Zongbin, DU Xuan, YAN Lijun

(State Key Laboratory for Manufacturing Systems Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: Based on the unified modeling language (UML) and the polychromatic sets (PS) theory, a workflow organizational resource model and a formal allocation approach are presented. A UML class diagram model of workflow organizational resource is established, which includes departments and workgroups. Together with a manufacturing enterprise workflow process, the organizational resource model is instantiated and the UML object diagram model of workflow organizational resource is constructed. Following PS theory, the UML class diagram model and the object diagram model of workflow organizational resource are formalized and the PS hierarchical structure models are proposed. By reasoning the PS contour matrix, the organizational resources are allocated formally to the activities of the enterprise workflow process, the organizational resources of the workflow activities are described in the form of PS entities, and the workflow organizational resource model and the workflow process model are connected appropriately.

Keywords: unified modeling language; polychromatic sets theory; organizational resource modeling; formal allocation

在制造企业的工作流过程模型中,大多数工作项是由资源来执行的,资源可能是一个人,也可能是一台机器. workflow 组织资源结构既描述了组织单元及其组成,又描述了资源在各个组织单元中的配属情况,只有在合适的人和物同时具备的情况下才能完成合适的工作流活动. 因此,workflow 组织资源建模

与配置在工作流过程管理中具有重要的意义^[1].

工作流管理联盟^[2](WfMC)提出的过程定义语言(XPDL)仅提供对员工、组织和工作分配机制等很弱小的支持. Cheng^[3]提出了面向对象的组织模型(OMM),周晓晔^[4]等提出了基于统一建模语言(UML)的企业组织建模方法,朱海平等^[5]利用

UML 类图为功能型和项目型组织结构建模, Van der Aalst 等^[6]在 2001 年提出了基于团队的 UML 类图工作流参考模型,又在 2003 年采用 UML 来描述组织模型,并将其转化为文档类型定义(XML DTD),该模型支持非人力资源、资源集合、资源可用性、委托和角色继承,实现了组织概念与路由概念的紧密集成^[7]. 然而,以上这些研究大多将组织模型和资源模型分开考虑,缺乏统一的组织资源配置策略以及工作流组织资源模型与过程模型之间的形式化推理机制. 本文基于 UML 和多色集合(PS),展开对组织资源维的研究,建立了工作流组织资源的 UML 模型,并采用 PS 层次结构模型对其进行形式化描述和推理,实现了工作流组织资源模型与过程模型的良好连接.

1 工作流组织资源建模与配置的要求

资源是配置给工作项的一个或一组实体,在工作流运行时执行工作项,实现活动的目标. 工作流组织资源建模与配置主要有以下几方面的要求^[8].

(1)工作流组织资源结构通常遵循某种典型的模式,如层次结构或矩阵结构等,因此需要为这些通用的工作流组织资源结构建立模型.

(2)具体的工作流组织资源结构可看作为通用工作流组织资源结构的实例,它由许多组织资源实体构成,需要建立一个统一的模型来描述所有这些不同的组织资源实体及其特有的属性和关系.

(3)为了将组织资源实体配置给工作项,需要描述工作流过程活动与工作流组织资源结构之间的对应关系,以实现活动与资源的良好绑定.

2 工作流组织资源建模

2.1 UML 类图模型

在分析现有组织和资源模型研究的基础上^[3-7], 建立集成的工作流组织资源 UML 类图模型(见图

1),图中有类节点组织单元、资源、资源类型等,以及类关系聚合、泛化、委托等.

组织单元为抽象类,可以泛化为部门和工作组. 部门是工作流组织资源模型中的永久组织单元,表示组织资源的静态结构构成,它可以进一步细化为更小的部门,最终形成一个面向职能的递阶结构. 工作组是为了适应市场变化或者执行某一任务而在工作流组织资源模型中动态组建的、跨部门的、面向过程的临时组织单元,一般不构成递阶结构. 一个工作组可能由资源类型或具体的资源组成,也可能由二者混合而成. 当完成了任务以后,工作组可以被解散,其成员也分别归于原来各自的部门.

资源为抽象类,可以泛化为人员、设备和场所等,资源类型也为抽象类,可以泛化为角色、设备类型和场所类型等. 工作流的所有资源都通过资源类型归属于各个部门,在有些情况下,需要将具体的资源直接配置给工作流活动. 因此,在工作流组织资源模型中,人员与人员之间引入了委托关系,担任、属于和归于的映射关系,分别存在于人员与角色、设备与设备类型以及场所与场所类型之间,一个人员可以担任多个角色,一个角色也可以包含多个人员.

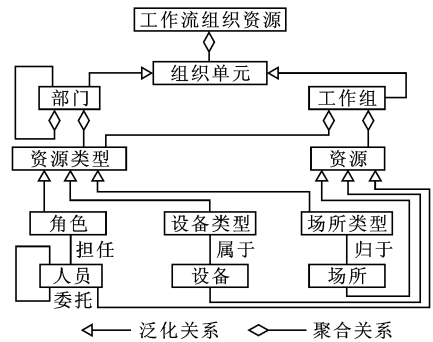
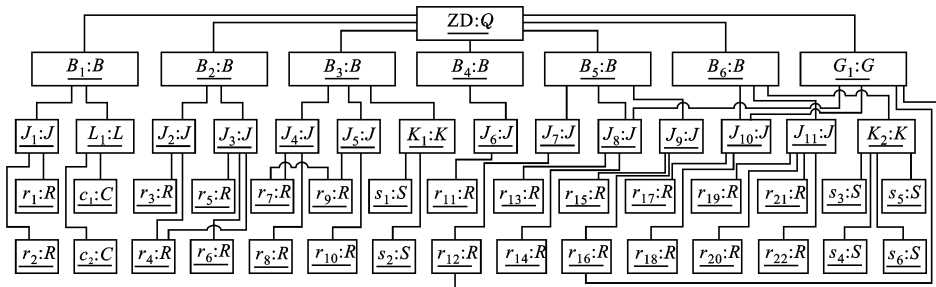


图1 工作流组织资源的类图模型

2.2 UML 对象图模型

如图2所示,在建立的UML对象图模型中, r_4



Q:组织资源;B:部门;G:工作组;J:角色;K:设备类型;L:场所类型;R:人员;S:设备;C:场所;

$r_1 \sim r_{22}$ 表示具体的人; $s_1 \sim s_6$:表示具体的设备; c_1, c_2 :表示具体的场所;ZD:制造企业

图2 工作流组织资源的对象图模型

既担任角色 J_2 , 又担任角色 J_3 , 且人员 r_7 与 r_9 之间存在双向委托关系。在工作流组织资源的 UML 类图模型中, 类节点和类关系都是对对象及其相互关系的不同程度的抽象, 并不包含具体企业的工作流组织资源信息, 该模型具有通用性, 是某种意义上的元模型。

2.3 PS 层次结构模型

为了支持团队工作, 在工作流组织资源模型中引入了工作组的概念, 但工作流组织资源模型总体上还是具有递阶结构的特点, 各个节点之间存在多种约束关系(关联、聚合、泛化、委托、映射等), 且在给活动配置资源时需要从组织单元到资源类型再到具体资源进行推理和求解。因此, 采用 PS 层次结构模型^[9]将工作流组织资源的 UML 类图和对对象图模型形式化。

在 UML 类图和对对象图模型中, 聚合表示“整体”与“部分”的关系, 泛化表示“特殊”与“一般”的关系, 以泛化关系的抽象类为层, 以聚合关系的成员为分解节点, 建立的工作流组织资源类图的 PS 层次结构模型如图 3 所示。

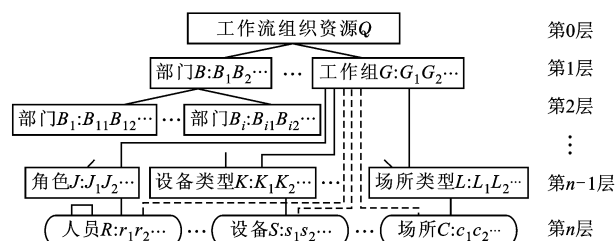


图3 类图的PS层次结构模型

在图3中, 抽象类并没有以节点的形式直接出现, 而是以分组的形式表示每一层的内容。工作流组织资源为根节点, 抽象类“组织单元”为第1层, 抽象类“资源类型”为第 $n-1$ 层, 抽象类“资源”为第 n 层。“部门”可以按照功能划分并逐级分解为第2层、第3层等, 表示递阶结构模型管理层次的纵向扩展。同时, 此模型也可以横向扩展, 在该模型的每一层都能够增加更多的节点, 例如“工具类型”等, 以扩大管理幅度。

图4为制造企业工作流组织资源 UML 对象图的 PS 层次结构模型, 也就是工作流组织资源 UML 类图的 PS 层次结构模型的实例化表示。

3 工作流组织资源的形式化配置

3.1 配置的推理矩阵

经典的多色集合由6个成分组成, 根据描述对

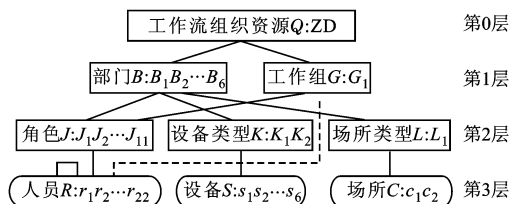


图4 对象图的PS层次结构模型

象的不同, 有些成分可以被忽略掉或得到扩展^[9]。配置工作流组织资源用到的多色集合围道矩阵主要有

$$\mathbf{M}_1 = [A \times F(a)] \quad (1)$$

$$\mathbf{M}_2 = [A \times F(A)] \quad (2)$$

$$\mathbf{M}_3 = [A \times A(F)] \quad (3)$$

$$\mathbf{M}_4 = [F(a) \times F(A)] \quad (4)$$

$$\mathbf{M}_5 = [F(a) \times F(a)] \quad (5)$$

部门与上级部门之间、资源类型与部门之间以及资源类型与工作组之间是相邻层节点颜色之间的直接分解关系, 采用式(4)进行描述与推理。特别地, 资源与资源类型之间是最底层的节点与其颜色的直接分解关系, 采用式(2)进行描述与推理。资源与工作组之间是最底层节点与其他节点的颜色之间的间接约束关系, 采用式(2)进行描述与推理。人员之间的委托关系是最底层节点之间的间接约束关系, 采用式(5)进行描述与推理。

在图4所示的制造企业工作流组织资源 UML 对象图的 PS 层次结构模型中, 共有9个节点构成节点的集合, 即

$$N = \{Q, B, G, J, K, L, R, S, C\} \quad (6)$$

由此可得节点集合的自相关矩阵, 即

$$\mathbf{M}_6 = \begin{matrix} & \begin{matrix} Q & B & G & J & K & L & R & S & C \end{matrix} \\ \begin{matrix} Q \\ B \\ G \\ J \\ K \\ L \\ R \\ S \\ C \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (7)$$

从式(7)可知, 在制造企业工作流组织资源 UML 对象图的 PS 层次结构模型中, 共有11条边构成边的集合, 即

$$E = \{c_{21}, c_{31}, c_{42}, c_{43}, c_{52}, c_{62}, c_{73}, c_{74}, c_{77}, c_{85}, c_{96}\} \quad (8)$$

如果把约束关系集合 $F(e)=\{f_1, f_2, f_3\}$ 看作 3 类边的着色,那么 E 和 $F(e)$,即边与该边代表的约束类型之间的关系可以采用式(1)进行描述,即

$$\mathbf{M}_7 = \begin{matrix} & \begin{matrix} c_{21} & c_{31} & c_{42} & c_{43} & c_{52} & c_{62} & c_{73} & c_{74} & c_{77} & c_{85} & c_{96} \end{matrix} \\ \begin{matrix} f_1 \\ f_2 \\ f_3 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}^T \end{matrix} \quad (9)$$

在进行资源配置时,根据边的颜色取值来决定采用的推理矩阵. $f_1=1$ 的边按照式(4)或式(2)建立的推理矩阵如下

$$\mathbf{M}_{21} = [B \times Q] \quad (10)$$

$$\mathbf{M}_{31} = [G \times Q] \quad (11)$$

$$\mathbf{M}_{42} = [J \times B] \quad (12)$$

$$\mathbf{M}_{43} = [J \times G] \quad (13)$$

$$\mathbf{M}_{52} = [K \times B] \quad (14)$$

$$\mathbf{M}_{62} = [L \times B] \quad (15)$$

$$\mathbf{M}_{74} = [R \times J] \quad (16)$$

$$\mathbf{M}_{85} = [S \times K] \quad (17)$$

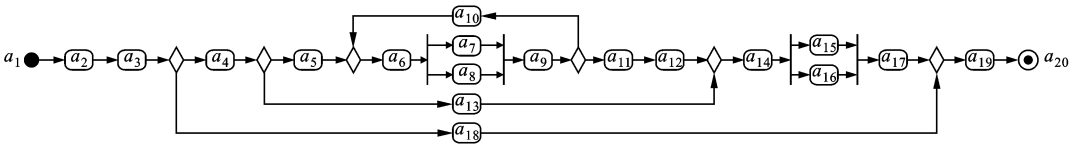
$$\mathbf{M}_{96} = [C \times L] \quad (18)$$

$f_2=1$ 的边按照式(5)建立的推理矩阵为

$$\mathbf{M}_{77} = [R \times R] \quad (19)$$

$f_3=1$ 的边按照式(2)建立的推理矩阵为

$$\mathbf{M}_{73} = [R \times G] \quad (20)$$



●:起始节点;●:终止节点;◇:或分、或合; $a_1 \sim a_{20}$:工作流活动节点

图 6 制造企业工作流过程的 UML 活动图模型

L_1 的场所共同执行,则根据式(12)和式(16)可得 r_1 或 r_2 和 r_{11} 满足角色条件,根据式(15)和式(18)可得 c_1 或 c_2 满足场所类型条件.最后,得到 a_8 的资源为 $(r_1 \vee r_2) \wedge r_{11} \wedge (c_1 \vee c_2)$. 采用多色集合中“体”的概念^[9],将 a_8 的资源表示为体的形式(见图 7).

图 7 所示工作流活动 a_8 资源的体也可表示为

$$A(F_8) = \bigvee_{k=1}^4 A_k(F_8) \quad (21)$$

其中 $A_1(F_8) = (r_1 \wedge r_{11} \wedge c_1)$; $A_2(F_8) = (r_1 \wedge r_{11} \wedge c_2)$; $A_3(F_8) = (r_2 \wedge r_{11} \wedge c_1)$; $A_4(F_8) = (r_2 \wedge r_{11} \wedge c_2)$. 其他活动节点的资源配置方法与此类似.

由于图 4 所示的所有资源都属于同一个制造企业,因此式(10)和式(11)所表示的推理矩阵可以不予考虑,其余推理矩阵,例如式(16)都可以表示为多色集合围道推理矩阵的形式(见图 5).

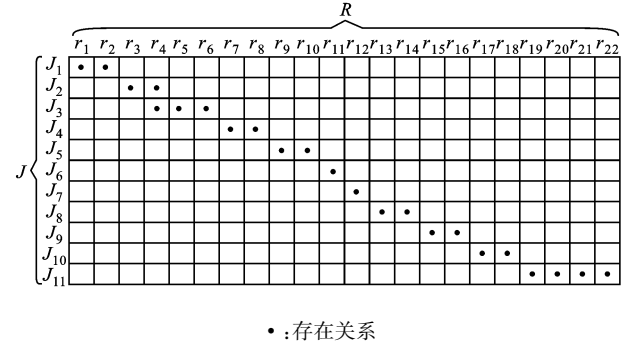


图 5 资源配置的 PS 围道推理矩阵

3.2 配置的形式化推理过程

给工作流过程活动配置资源,其实质就是集成工作流过程模型与组织资源模型,实现活动与资源的动态绑定,即通过 PS 围道矩阵的推理过程来求取活动的“体”.下面,通过对 PS 围道矩阵的推理,为图 6 所示的制造企业工作流过程 UML 活动图模型中的各个活动配置资源.

如果 a_8 要求由 B_1 的 1 名角色为 J_1 的人员、 B_4 的 1 名角色为 J_6 的人员和 B_1 的 1 个场所类型为

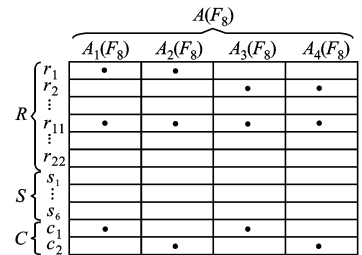


图 7 工作流活动资源的体形式

4 结 论

本文的基于 UML 和多色集合的工作流组织资源模型及其形式化配置方法具有以下特点.

(1)保留了部门的静态概念,引入了工作组的动态概念,实现了面向职能的递阶结构和面向过程的矩阵结构的集成.

(2)将人和物等资源进行统一管理,实现了传统意义上组织模型与资源模型的集成.

(3)具有纵向和横向可扩展性,通过添加类节点和类关系,能够为跨企业的工作流过程建立更加复杂的组织资源模型.

(4)通过对 PS 围道矩阵的递阶推理,能够为工作流活动配置合适的资源,从而实现了工作流过程模型与组织资源模型的良好连接.

参考文献:

- [1] RUSSELL N, VER DER AALST W M P, TER HOFSTEDE A H M, et al. Workflow resource patterns: identification, representation and tool support [M]//Lecture Notes in Computer Science: 3520. Berlin, Germany: Springer, 2005: 216-232.
- [2] WfMC. Workflow process definition interface: XML process definition language, TC-1025 [R]. Hampshire, UK: Workflow Management Coalition, 2002.
- [3] CHENG E C. An object-oriented organizational model to support dynamic role-based access control in electronic commerce [J]. Decision Support Systems, 2000, 29(4): 357-369.
- [4] 周晓晔,王成恩,罗焕佐. 基于 UML 的企业组织建模方法 [J]. 中国机械工程, 2004, 15(12): 1091-1094.
ZHOU Xiaoye, WANG Cheng'en, LUO Huanzuo. Enterprise organization modeling method based on UML [J]. China Mechanical Engineering, 2004, 15(12): 1091-1094.
- [5] 朱海平,王忠浩,吴军. 支持业务过程管理的组织建模及约束描述 [J]. 华中科技大学学报, 2006, 34(11): 11-14.
ZHU Haiping, WANG Zhonghao, WU Jun. Organization modeling and constraint description supporting business process management [J]. Journal of Huazhong University of Science and Technology, 2006, 34(11): 11-14.
- [6] VAN DER AALST W M P, KUMAR A. A reference model for team-enabled workflow management systems [J]. Data & Knowledge Engineering, 2001, 38(3): 335-363.
- [7] VAN DER AALST W M P, KUMAR A, VERBEEK H M W. Organizational modeling in UML and XML in the context of workflow systems[C]//Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing. New York, USA: ACM Press, 2003: 603-608.
- [8] DUMAS M, VAN DER AALST W M P, TER HOFSTEDE A H M. Process-aware information systems [M]. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2005: 100-109.
- [9] GAO Xinqin, LI Zongbin. Conceptual design of mechanisms based on polychromatic sets [J]. International Journal of Computer Applications in Technology, 2007, 28(4): 265-274.

(编辑 管咏梅)

本刊实行开放免费阅读,阅读全文请登录

<http://www.jdxb.cn>