

基于多自主元柔性工作流的敏捷供应链研究*

王东勃¹, 阎秀天², 李祉¹, 孙怡晓¹

(1. 西北工业大学机电学院, 西安 710072; 2. 斯特莱斯克莱德大学设计制造工程管理学系, 英国格拉斯哥 G1 1XJ)

摘要: 为了提高敏捷供应链的动态性和敏捷性, 采用多自主元柔性工作流技术构建敏捷供应链管理系统。在对敏捷供应链和柔性工作流技术进行分析的基础之上, 给出用虚拟工作流和柔性工作流对敏捷供应链进行整体描述的方法。为提高柔性工作流的智能决策能力, 以自主计算技术为基础, 提出了基于多自主元的柔性工作流, 使用多自主元的柔性工作流构建了敏捷供应链的管理框架, 并通过自主元的模糊推理实例对多自主元柔性工作流的智能性进行了验证, 多自主元柔性工作流能够满足敏捷供应链管理系统快速重构和动态重组的要求。

关键词: 敏捷供应链; 柔性工作流; 自主元; 自主计算; 模糊

中图分类号: TP391 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2010)02-0541-03

doi: 10.3969/j.issn.1001-3695.2010.02.038

Research on agile supply chain based on multi-autonomic objects flexible workflow

WANG Dong-bo¹, YAN Xiu-tian², LI Zhi-yi¹, SUN Yi-xiao¹

(1. School of Mechatronics, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China; 2. Dept. of Design, Manufacture & Engineering Management, University of Strathclyde, Glasgow UK, G1 1XJ, England)

Abstract: In order to improve the agility and dynamicity of agile supply chain, A multi-autonomic objects flexible workflow is proposed to construct agile supply chain. Based on the analysis of agile supply chain and flexible workflow, the general description of agile supply chain by virtual workflow and flexible workflow is given. In order to improve the intelligent decision capability of flexible workflow, proposed a multi-autonomic objects flexible workflow based on autonomic computing technology, the agile supply chain management system could be modeled and realized by the multi-autonomic objects flexible workflow. Finally, demonstrated the intelligence of multi-autonomic objects flexible workflow by an autonomic object fuzzy reasoning instance, it shows that the multi-autonomic objects flexible workflow can support the rapid re-construction and dynamic recombination satisfactorily.

Key words: agile supply chain; flexible workflow; autonomic object; autonomic computing; fuzzy

0 引言

敏捷供应链是一种在竞争、合作、动态的市场环境中, 由供应商、制造商、销售商、用户等各(自主)实体构成的快速响应市场变化的动态供应链网络^[1]。敏捷供应链的有效运行建立在敏捷供应链管理系统对敏捷供应链工作流程集成管理的基础上。相对于传统的管理信息系统, 工作流技术虽然通过应用和过程逻辑的分离, 在一定程度上提高了供应链的敏捷性, 但由于工作流必须首先通过执行更改后工作流模型来实现敏捷供应链的重构和调整, 缺乏柔性工作流对于敏捷供应链的支持存在明显的局限。敏捷供应链动态性和敏捷性的固有特点就要求采用柔性工作流技术来构建敏捷供应链管理系统。

目前, 应用工作流技术进行敏捷供应链研究的主要有: 文献[2]提出了一个工作流支持的内部供应链管理系统, 并使用代理技术进行系统的构建; 文献[3]应用 BPI (business process integration) 技术构建了供应链管理系统, 实现了工作流系统和企业应用的集成; 文献[4]运用基于工作流的敏捷供应链过程管理方法对该公司的采购过程管理进行了过程描述、任务描述

与分配、工作流管理系统的分析与设计; 文献[5]研究了制造企业供应链管理系统对工作流管理系统的功能要求, 建立起工作流管理系统模型; 文献[6]给出了一个基于多 agent 技术的供应链工作流过程管理框架和工作流过程管理模型, 运用工作流技术及 agent 技术, 对供应链工作流进行过程控制及重组, 实时地协调和管理供应链上的业务活动。

从上述的分析可以看出, 目前基于工作流的敏捷供应链管理的不足主要体现在: a) 目前的基于工作流的敏捷供应链管理系统一般都构建于静态的工作流技术, 基于柔性工作流技术的敏捷供应链管理系统还需进一步研究; b) 供应链整体流程往往涉及多个工作流系统的互操作, 敏捷供应链管理系统缺乏一个整体上的柔性管理框架; c) 现有的柔性工作流研究更多地体现在对变化的被动响应, 而敏捷供应链要求对动态竞争环境中的各种变化和不确定性具有良好的适应性。本文将在研究应用虚拟工作流和柔性工作流构建敏捷供应链的基础上, 提出多自主元的柔性工作流, 最后构建了基于多自主元柔性工作流的敏捷供应链框架。

收稿日期: 2009-07-09; **修回日期:** 2009-08-30 **基金项目:** 博士点基金新教师项目(200806991047); 西北工业大学科技创新基金资助项目(2007KJ01007)

作者简介: 王东勃(1976-), 男, 山东莱州人, 讲师, 博士, 主要研究方向为工作流技术、供应链管理、产品开发管理(wangdb@nwpu.edu.cn); 阎秀天(1962-), 男, 陕西西安人, 教授, 博士, 主要研究方向为产品开发管理、机械电子工程等; 李祉(1985-), 男, 辽宁辽阳人, 硕士研究生, 主要研究方向为工业工程、管理信息系统等; 孙怡晓(1986-), 女, 河南焦作人, 硕士研究生, 主要研究方向为质量管理、工业工程等。

1 敏捷供应链管理描述与分析

1.1 敏捷供应链管理与柔性 workflow

供应链的敏捷性要求通过供应链的动态重构和调整,来快速响应动态竞争环境中的各种变化和不确定性。从本质上来说,供应链上的业务是一个典型的工作流过程,从整体上看,供应链是跨供应链企业和企业中多个职能部门活动的集合;从个体上看,供应链上的各个企业一般为相对独立的实体,供应链企业内部的业务流程也是典型的工作流过程。例如,从生产经营的角度出发,制造企业可被视为由多个相互关联的不同层次的流程组成的活动流程网络,如订货、采购、设计、制造和交货组成主流程,主流程又分解为若干彼此相关的子流程。

柔性 workflow 可以在敏捷供应链发生变化的情况下,不中断 workflow 的执行,动态地改变 workflow 的执行逻辑和任务,从而快速响应动态竞争环境中的各种变化和不确定性。柔性 workflow 可以在良好地理解并支持敏捷供应链业务过程的基础上,通过其柔性特点提高敏捷供应链整体和内部业务流程的敏捷性。

1.2 基于虚拟 workflow 和柔性 workflow 的敏捷供应链

敏捷供应链管理系统是一个跨企业系统,所以 workflow 管理系统互操作是敏捷供应链管理实现的关键^[7]。可以发现,不同 workflow 管理系统之间的互操作主要表现为一组系统的功能调用。根据上述的论述可以得到以下推论:敏捷供应链中 workflow 互操作的实质可以看做是在 workflow 模型可相互理解基础上的控制信息和数据信息相互调用与传递。在敏捷供应链运行过程中,可以通过 WAPI 来调用 workflow 执行服务间传递的控制信息和数据信息,当两种运行环境都支持共同 WAPI 调用和过程模型定义(包括命名机制、workflow 相关和控制数据)时,可以在 workflow 机之间直接进行信息传递,否则可以通过网关服务提供信息映射。在上述推论的基础上,本文给出了虚拟 workflow 的概念:从整体上看,敏捷供应链可以看做是一个虚拟 workflow 构成的业务过程,而不是不同 workflow 系统互操作构成的复杂业务过程,敏捷供应链企业的活动构成该虚拟 workflow 的节点,敏捷供应链企业内部 workflow 系统之间的互操作就转换为虚拟 workflow 节点之间控制和数据信息的传递。虚拟 workflow 概念的提出将敏捷供应链整体建模过程中复杂的工作流互操作问题转换为 workflow 节点之间的信息传递,从而能够使用 workflow 技术对敏捷供应链进行整体描述。虚拟 workflow 和柔性 workflow 进行敏捷供应链整体描述如图 1 所示。为简洁起见,图 1 中省略了对敏捷供应链企业内部 workflow 的描述。

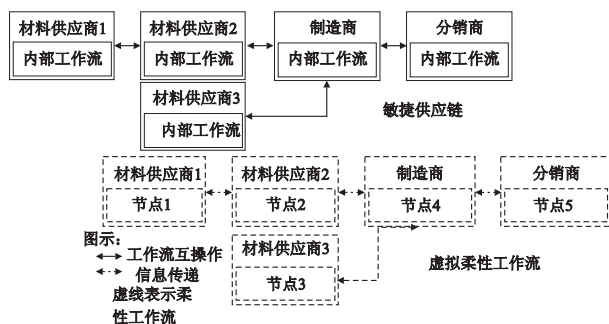


图 1 基于虚拟柔性 workflow 的敏捷供应链整体描述示意图

敏捷供应链的敏捷性特点不仅要求敏捷供应链从整体上对动态竞争的市场环境进行响应,而且也要求内部供应链在敏捷供应链整体发生改变的情况下,相应地进行内部调整来满足敏捷性要求。比如敏捷供应链核心企业在编制生产计划时,必

须考虑下游顾客的需求、上游企业的供货及自身生产能力等可能发生的变化,核心企业必须根据整个敏捷供应链的变化来动态调整自身的生产计划。柔性 workflow 通过 workflow 节点功能改变、workflow 控制逻辑变化和 workflow 动态扩展,能够很好地支持敏捷供应链的整体和内部供应链的动态调整及重构。

2 基于多自主元的柔性 workflow

2.1 自主计算技术概述

虚拟 workflow 概念的提出,实现了柔性 workflow 如何应用于敏捷供应链各个层次的理论基础,但敏捷供应链中的实体一般是具有一定的目标和决策能力而自治或半自治地运作。如何使敏捷供应链具有智能性,能够通过最少人的干预,自动地适应变化,已经成为提高敏捷供应链敏捷性的迫切要求。由于敏捷供应链的敏捷性是通过其组成单元及其之间的相互作用体现出来,应用柔性 workflow 技术构建敏捷供应链,就必须提高柔性 workflow 的智能决策能力。自主计算由 IBM 公司在 2001 年 10 月 Agenda 会议上首先提出^[8],其思想来自于人体生物学理论,人体的自主神经系统能够在不自觉的情况下监控心脏的跳动,检查血糖含量并始终使体温保持在恒定的温度。自主计算将其所管理的 IT 系统看做为其管理资源(managed resources),通过一个或若干个自主管理器(autonomic manager, AM)提高管理资源的自主性。

2.2 基于多自主元的柔性 workflow

以自主计算思想为核心,借鉴多 agent 理论,本文提出了基于多自主元的柔性 workflow 概念,首先给出自主元的定义。

定义 1 自主元(autonomic object, AO)是基于自主计算技术,嵌入在柔性 workflow 活动中的智能实体:

$$AO = \text{monitor, analyzer, planner, executive, knowledge, touchpoint}$$

其中:

a) Monitor, analyzer, planner 和 executive 分别是监控、分析、规划和执行算法。

b) Knowledge (BK, PK, CK) 是自主元知识,是实现 AO 智能性的基础。其中 BK 是基本知识集合,PK 是推理知识集合,CK 是控制知识集合。

c) Touchpoint 是自主元的接触管理器,它可定义为一个四元组, touchpoint = (sensor, effector, orchestrator, manual)。其中: sensor 是 AO 的感知器,主要实现对 AO 管理资源的状态检测和信息采集,并将采集的数据传送给 monitor; effector 是 AO 的使能器,实现对管理资源的操作; orchestrator 是 AO 的协调器,主要实现与其他自主元的通信与协调; manual 是 AO 的人工管理器,负责提供在系统运行期间,多自主元无法进行智能判断的情况下,与人工进行交互。

定义 2 基于多自主元的柔性 workflow (multi AOs-based flexible workflow, AO_FW) 可以定义为 $AO_FW = (T, AO, L, D, O, R)$ 。其中:

a) $T = \{t_i | i = 1, \dots, n\}$ 是 AO_FW 的工作流活动集合, $T \neq \emptyset$ 。

b) $AO = \{ao_i | i = 1, \dots, n\}$ 是嵌入到每个柔性 workflow 活动的自主元的集合, ao_i 和 t_i 之间具有一一对应的关系, ao_i 依赖于 t_i 存在,记为 $ao_i \xrightarrow{1 \quad n \quad 1} t_i$ 。

c) $L = \{l_j | j = 1, \dots, m\}$ 是任务间的控制依赖关系,称为控制连接弧, $L \subset T \times T$ 。

d) D 是数据连接弧, O 是工作流的组织模型,而 R 是工作

流的资源模型。

基于多自主元的柔性工作流的智能性是通过嵌入到每个工作流活动的自主元及其协作实现的,自主元能够感知柔性工作流的工作状态,采用检测、分析、规划和执行的控制循环来对外界的变化进行响应。由于敏捷供应链的动态多变性,自主元应该能够具有信息不确定状态下的问题求解能力。单一的自主元只能解决柔性工作流节点的智能性,整个柔性工作流的智能性是通过多自主元协作实现的。

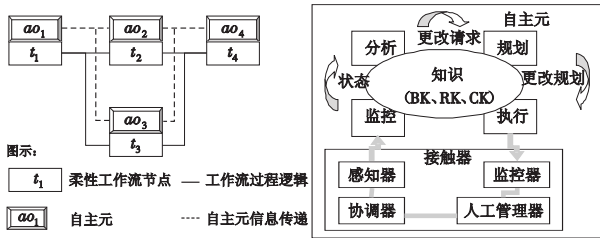


图2 自主元及基于多自主元的柔性工作流结构

3 基于多自主元柔性工作流的敏捷供应链管理

3.1 基于多自主元柔性工作流的敏捷供应链管理框架

基于多自主元柔性工作流模型是敏捷供应链管理框架的核心,整个敏捷供应链的业务活动通过柔性工作流模型进行描述。与敏捷供应链相对应,基于多自主元柔性工作流模型也是一个典型的分层结构,敏捷供应链管理框架的智能性是通过嵌入柔性工作流节点的自主元及其之间的协作实现的。基于多自主元柔性工作流的敏捷供应链管理框架如图3所示。

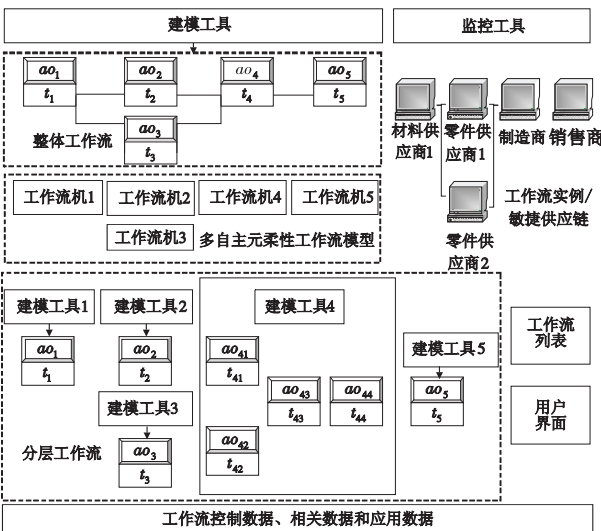


图3 基于多自主元柔性工作流的敏捷供应链管理框架

建模工具是整个框架的核心功能之一,主要实现柔性工作流模型的定义,敏捷供应链的整体模型通过虚拟工作流的概念由总体建模工具定义,分解后的柔性工作流模型需要各个敏捷供应链企业使用独立的建模工具进行定义。模型分解的总体原则是分解后的工作流模型要能够实现上层节点完成的任务,而并不限定具体实现形式;分解后的下层工作流模型必须继承并实现上层工作流节点所具有的接口形式和对应的输入/输出。

基于多自主元柔性工作流的敏捷供应链管理框架基于典型的分布式工作流结构,整体工作流中的每一个节点都由独立的工作流机执行,同一敏捷供应链企业内部的柔性工作流模型也可进一步由多个工作流机执行。通过分布式工作流机的执行,就可以生成基于多自主元柔性工作流实例,即敏捷供应链管理过程。图3的右边即为生成的敏捷供应链实例,实例从整

体上表现为整体的敏捷供应链,经过分层的柔性工作流模型实例化为敏捷供应链中的详细功能。生成的敏捷供应链实例可通过工作流列表与用户界面和应用程序交互,敏捷供应链实例的运行可通过工作流监控工具进行管理,从而可以实现敏捷供应链管理。

3.2 自主元模糊推理实例

多自主元柔性工作流是一个高度动态的系统,尤其是当柔性工作流系统应用到敏捷供应链时,敏捷供应链在其领域知识中一方面有着知识确定性的特点,特定的变化必然引起特定的影响,另一方面也存在着大量的模糊信息,不同事件之间的相互依赖关系也往往存在着亦此亦彼的模糊性。基于模糊逻辑推理的方法不需要建立精确的数学模型,而是按照语言采集的方式获取知识,通过适当地运用隶属函数和模糊规则来表达无法以确定性数据来表达的内容及推断结论。

本文通过一个航空转包企业的转包管理流程运行的实例^[9],验证多自主元柔性工作流的智能决策能力,该转包企业的订单处理能力一般为100件/月,工人的平均工作时间8h/d,其中生产计划自主元根据订单的数量和设备故障率计算工人的平均加工时间,作为制订生产计划的参考。对于未加权的模糊推理运算,本文直接采用MATLAB提供的模糊逻辑图用户界面来给出仿真计算的实例,如图4、5所示。图4给出了模糊推理结果,图5给出了模糊推理分布图。

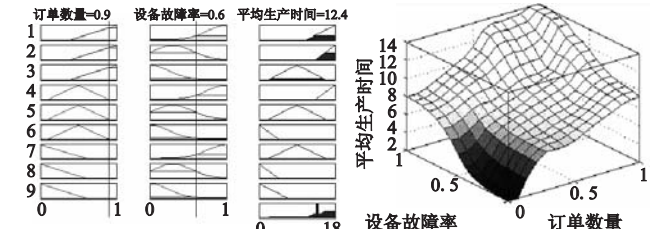


图4 自主元模糊推理结果

图5 自主元模糊推理分布图

模糊推理得出零件的工人平均加工时间为12.4 h/d,根据生产计划自主元的精确推理规则“if 工人平均加工时间 > 12 then 增加外贸零件生产的车间”,所以生产计划自主元在原有有一个数控车间1生产外贸零件的情况下,安排数控车间2同时生产零件,并同时更改数控车间2节点的可扩展属性工人平均加工时间。

4 结束语

在对敏捷供应链管理过程描述与分析的基础上,针对敏捷供应链管理中复杂的工作流互操作问题,给出了虚拟工作流的概念,实现了柔性工作流技术在敏捷供应链整体建模中的应用。为了提高敏捷供应链智能性,基于自主计算技术提出了基于多自主元的柔性工作流的体系结构,通过嵌入到每个工作流活动的自主元及其协作实现工作流的智能柔性。最后在上述基础上,提出了基于多自主元柔性工作流的敏捷供应链管理框架,该框架给出了应用柔性工作流构建敏捷供应链的方法,利用多自主元的智能性确定响应变化的方式,满足敏捷供应链管理系统快速重构和动态重组的要求。

参考文献:

[1] 柴跃廷,李芳芸,任守渠. 敏捷供应链中工作流管理系统的设计[J]. 信息与控制, 1999, 28(6):401-406.

[2] LIU Jian-xun, ZHANG Shen-sheng, HU Jin-ming. A case study of an inter-enterprise workflow-supported supply chain management system [J]. Information & Management, 2005, 42(3):441-454.

3.3 案例修正

案例的修正是对检索出的案例中所应用的决策问题求解方法进行适当修改,使其适合于当前要求解的问题,形成决策支持方案。现有的 CBR 修正方法是利用修正知识库或领域模型。一般地,案例的调整都需要面向具体领域,没有一个通用的案例修正方法。在案例修正阶段,基于对用户选取或系统建议的新安医学案例,可以给出患者 10759 处方用药。用户可以查阅到系统给出的解决方案案例的详细描述,同时依据患者的具体情况作出案例的修正。考虑到该患者年事已高、阴液亏虚,故在方药中加入养阴之品,如制首乌、枸杞子、生地。最终案例修正处方用药结果如表 8 所示。

表 8 案例修正处方结果

方剂代号	药品 1	药品 2	药品 3	药品 4	药品 5	药品 6
10759	野料豆	石决明	牡蛎	桑叶	南蚀子	当归
方剂代号	药品 7	药品 8	药品 9	药品 10	药品 11	药品 12
10759	钩藤	沙苑	天麻	制首乌	枸杞子	生地

3.4 案例保存

案例保存即是案例推理技术中案例学习的重要组成部分。将上述得到的决策方法应用到相应的决策环境中,并对执行过程与结果加以评价,完成案例的描述、索引等过程,形成新的案例加到案例库中,此乃 CBR 学习过程。学习过程把新决策案例中有意义的部分保存到系统的知识库中。随着案例的积累,案例归纳可以确定出特定案例群主要特征的原型案例,且原型可与特定案例存储在一起,提高系统运行的效率和准确性。以上即完成了对患者 10759 在诊疗过程中,基于案例推理的处方自动生成过程。

4 诊断过程和处方用药分析

整个诊断过程和处方用药的过程实现了半自动化,其突出的特点是:

a) 解决医学诊断过程中的半结构化和非结构化问题。由于中医自身的特点,医案的记载通常是非结构化的数据,需要将相关证型规范化,整理到数据库中,形成相对规范化和结构化的数据。

b) 将定性问题定量化。为了实现案例推理过程中的推理和相似性检索,本文将定性的各证量化为定量的数值。

c) 集医生本人的经验和古代名家的诊断经验于一体。基于案例推理技术,将医生本人诊断案例存于案例库 1,古代名家案例存于案例库 2,形成多案例库系统。

d) 采用多策略相似性检索技术,即基于各证综合得分的综合相似性检索、基于各证得分的单项相似性检索、基于综合辨证的相似性检索策略。

e) 诊断过程同时融入专家知识。系统在诊断的过程中具

有人机交互功能,将专家知识融入诊断过程中,集成多种智慧。

5 结束语

本文以中医诊断过程为依据,以案例推理技术和多策略相似性检索技术为支撑,研究中医证型诊断过程智能化和处方生成自动化,并具体以新安医学防治中风病智能诊断治疗系统的构造过程展开研究。根据中风病医学诊断的一般过程,应用基于案例推理的技术,克服传统专家系统知识获取的困难,避免知识获取的瓶颈。采用多策略相似性检索,通过动态知识库,增量式学习,不断提高系统的效率。该设计过程符合医学诊断的实际过程,现实、可行,有助于提高医师诊断过程的自动化水平,有助于中医研究的信息化、智能化和现代化。将来的研究可以结合现代信息资源组织技术实现对结构化和半结构化的中医案例和组方的组织与管理。

参考文献:

- [1] 梅灿华,孟庆全.数字化中医胃病诊断方法研究[J].安徽中医学院学报,2008,27(3):7-9.
- [2] 胡雪琴,周昌乐,李绍滋.中医医案数据库的构建和数据处理研究[J].情报杂志,2008,27(8):127-129.
- [3] 张启明,王永炎,张志斌,等.中医历代医案数据库的建立与统计方法[J].山东中医药大学学报,2005,29(4):298-299.
- [4] 李锋刚,邵峦,杨柳.新安医学防治中风数据库的设计与实现[J].中医药临床杂志,2007,19(1):88-90.
- [5] 李建生,胡金亮,王永炎.基于 2 型糖尿病数据挖掘的中医证候诊断标准模型建立研究[J].中国中医基础医学杂志,2008,14(5):367-370.
- [6] 邵峦,李锋刚.基于聚类分析的新安医家防治中风辨治规律探索[J].中国中医药信息杂志,2007,14(12):92-94.
- [7] 李建生,余学庆,王至婉,等.基于文献的肺炎中医证素组合规律研究[J].中华中医药杂志,2008,23(5):379-383.
- [8] MARIO L, BRIGITE B S, BURKHARD H D, et al. Case-based reasoning technology: from foundations to applications [M]. Berlin: Springer-Verlag, 1998:1-15.
- [9] REMM M, REMM K. Case-based estimation of the risk of enterobiasis [J]. Artificial Intelligence in Medicine, 2008, 43(3):167-177.
- [10] HOLT A, BICHINDARITZ I, SCHMIDT R. Medical applications in case-based reasoning [J]. The Knowledge Engineering Review, 2005, 20(3):289-292.
- [11] BICHINDARITZ I, MONTANI S, PORTINALE L. Special issue on case-based reasoning in the health sciences [J]. Applied Intelligence, 2008, 28(3):207-209.
- [12] BICHINDARITZ I. Prototypical case mining from biomedical literature for bootstrapping a case base [J]. Applied Intelligence, 2008, 28(3):222-237.

(上接第 543 页)

- [3] KOBAYASHI T, TAMAKI M, KOMOD N. Business process integration as a solution to the implementation of supply chain management systems [J]. Information & Management, 2003, 40(8):769-780.
- [4] 井然哲,覃正,邹辉,等.基于过程管理的敏捷供应链 workflow 设计研究[J].计算机工程与应用,2005,41(16):189-195.
- [5] 叶良朋,陆元军,王正成,等.面向制造企业供应链管理集成平台的工作流管理系统研究[J].机械制造,2004,42(5):42-45.
- [6] 徐琪,徐福缘.面向过程的供应链 workflow 管理研究[J].计算机

集成制造系统,2003,9(2):117-121,148.

- [7] HOLLINGSWORTH D. Workflow management coalition the workflow reference model [EB/OL]. (2005-09-20). <http://www.wfmc.org/standards/docs/tc003v11.pdf>.
- [8] IBM. An architectural blueprint for autonomic computing [EB/OL]. (2005-10). http://www-03.ibm.com/autonomic/pdfs/AC_Blueprint_White_Paper_4th.pdf.
- [9] 王东勃.支持敏捷供应链的柔性 workflow 关键技术研究[D].西安:西北工业大学,2007.