

支持业务过程性能优化的多过程建模方法研究

曾 森, 范玉顺, 黄双喜

(清华大学自动化系国家 CIMS 工程技术研究中心, 北京 100084)

摘要: 为了提高业务过程的性能, 从系统动力学的角度分析了企业业务过程性能优化全生命周期的系统结构。基于控制论方法证明了: 1) 提高模型的准确性和 2) 减小模型建立、分析及实施的周期时间是取得业务过程性能优化的关键所在。为此提出了对企业模型、仿真模型和工作流模型进行统一建模的多过程建模框架和建模方法, 并对多个过程间的相互依赖关系进行了准确的建模; 然后设计了相应的多过程建模工具的元模型; 最后提供了一个具体应用案例。

关键词: 企业模型; 仿真模型; 工作流模型; 多过程建模; 性能优化; 元模型

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A

1 引言

如何提高和优化企业的业务过程管理能力和业务过程性能越来越成为业务人员、IT 人员和软件供应商研究和关注的焦点。相关的研究主要包括企业架构与建模 (Enterprise Modeling, EM)、业务过程仿真建模 (Simulation Modeling, SM) 和工作流建模 (Workflow Modeling, WM) 与工作流管理三方面的方法和相应的软件工具的研究^[1]。

EM 的研究成果主要包括 CIMOSA、ARIS、GRAI/GIM、GERAM、IEM 和 CIMFlow 集成化企业建模方法与系统体系结构等^[2], 它们的优点是从不同的视角、不同的抽象层次和不同的建模生命周期对企业进行了分解, 降低了建模的复杂度, 提高了模型的规范性, 有利于人们对模型的理解和应用。EM 的主要缺点是只能描述企业中相对稳定的方面, 难以描述与时间变化紧密相关的的产品流、信息流、控制流、过程实例、异常实例、资源调度及因果影响等企业的动态行为。

SM 能够建模企业中大量存在的队列、随机事件、产品流、过程路由、资源使用和异常流等^[3], 可以很好的弥补 EM 的不足, 建模企业的动态行为。但是如果 SM 不与企业模型相结合, 并考虑与可执行的工作流模型相兼容的话, 业务过程建模仿真的工作量很大, 并且难以转换为可执行的模型。现在的 SM 中隐含的过程建模方法主要是基于工作流模型, 因为 IDEF3、Petri 网、PERT 图、GANTT 图、角色活动图 (RAD) 等过程建模方法缺乏相应的模型执行系统^{[2][4]}。

收稿日期: 2007-09-13; **修订日期:** **Received 13 Sep.2007; Accepted**

基金项目: 国家“863”计划资助项目 (No. 2006AA04Z151, 2006AA04Z166); 国家自然科学基金资助项目 (No. 60504030, 60674080)。**Foundation items:** Project supported by the National High - Tech. R & D Program, China (No. 2006AA04Z151, 2006AA04Z166), and the National Natural Science Foundation, China (No. 60504030, 60674080).

作者简介: 曾森 (1975-), 男, 江西泰和人, 清华大学自动化系国家 CIMS 工程技术研究中心博士研究生, 主要从事企业建模、业务系统动力学、工作流管理、业务过程性能优化等的研究。E-mail: ceng-s04@mails.tsinghua.edu.cn

文献[5]从建模角度介绍了以过程为核心，集成产品、资源、组织和控制评价等信息的工作流元模型；文献[6]对 workflow 模型进行性能分析，并给出了 workflow 仿真的实现机制；文献[7]提出了面向仿真的 workflow 模型，分析了业务过程与仿真环境的关系，并简要描述了仿真系统的实现框架。这些业务过程仿真建模都考虑了与 workflow 模型的结合，但对仿真建模本身的研究还停留在框架阶段，而且主要考虑的是单个过程的仿真，缺乏对多个过程之间的时序关系、因果关系、通信和控制等行为的建模能力。文献[3][8]考虑了多过程建模的问题，但在企业模型、仿真模型和 workflow 模型的建立上分别基于不同的工具，难以快速准确的实现模型间的一致性转换。

针对以上问题，本文从系统动力学的角度采用控制论的方法建立了企业业务过程性能优化全生命周期的系统结构图，提出了一种集成了企业建模和仿真建模技术的、与 workflow 模型兼容的、能全面支持业务过程性能优化的多过程建模框架与建模方法 (Multi-Process modeling Framework and Method, MPFM)，并设计了支持 MPFM 实际应用的软件工具的基于元建模机制 (Meta-Object Facility, MOF) 的元模型。该方法能够统一描述企业的静态和动态行为，特别是能够满足多过程之间复杂交互行为的建模需求。而 MOF 元建模机制则保证了企业建模、仿真建模和 workflow 建模工具元模型的一致性。

2 业务过程性能优化系统结构图

企业的性能的生成过程为：1) 企业的利益相关者提出性能需求；2) 企业通过拥有人力资源、技术资源和其他资源并把资源配置到企业的活动或服务上，以支持业务过程的运作，3) 活动的性能和服务的质量共同构成了企业的业务过程性能，4) 所有过程性能综合后生成整体的企业性能以满足企业的战略愿景、目标和性能目标，5) 企业的战略与性能目标必须满足企业利益相关者的性能要求。因此，从业务过程性能优化的角度来看，企业实际上是一个复杂的动力学系统。基于控制论的业务过程性能优化系统结构图如图 1 所示。具体描述如下：

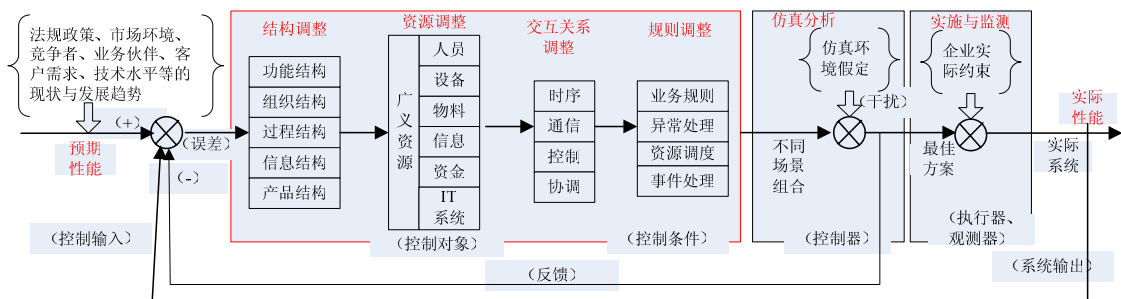


图 1 业务过程性能优化控制系统结构图

- **控制输入：**企业建立的根本目的是为了对外提供产品或服务并获得盈利，为此企业系统所有者在建立系统时要根据各种外部因素和外部约束（如国家法律法规和各种政策、市场环境、竞争者、业务

伙伴、客户、人力、设备、物料、技术、知识等的实际情况、发展水平及未来趋势等)来规划和制订企业的战略、策略、管理和运营目标,并最终细化为具体的业务过程性能指标,作为业务过程性能优化系统的输入。

对性能指标的选取、度量和指标间的关联关系的研究已取得了大量的研究成果^{[9]-[13]}。所以,在具体的性能优化项目中,可以借鉴已有的研究成果来定制自己所关注的指标,并应用各种指标权重计算和性能综合评价方法,对业务过程性能进行量化处理。

- **控制条件:** 企业内的人员、设备、物料、信息、产品、服务、资金、IT 系统等,以及它们的结构和相互之间的时序、通信、控制、协调等关系都是企业的控制对象。而企业的业务规则、异常处理规则、复杂事件处理规则、资源调度策略等则相当于控制系统中的控制条件,可以在实际控制过程中加以灵活选择。
- **控制器及控制算法:** 一个企业中包含大量的各种各样的实体、实体间的相互关系以及控制条件,并且存在大量的不确定性。如何选择和配置一个可靠的、可行的并且最佳的解决方案是一个十分复杂的问题,往往难以用解析的方法加以解决。通过采用系统仿真的方法来模拟各种场景并计算和分析其性能,可以为企业最终方案的选择提供可信的依据,这就是整个性能优化系统中的控制器和控制算法。
- **执行器及观测器:** 部署和实现已选定的最佳解决方案,并在实际环境中运营企业(即为控制系统的执行器),同时监测系统的真实性能状况(相当于观测器),得到系统的实际输出,并与企业当初预期的性能需求相比较(反馈控制),若是满足的,则表明整个业务性能优化系统是稳定的,否则就需要进一步进行调整或重新设计。

由于各种不确定因素和实际业务性能与性能需求预期之间时间滞后(时滞)的存在,企业实际性能与预期性能之间往往存在一定的误差。一般来说,时滞越大,闭环控制系统的误差越大。所以,增加需求预测的准确性和缩短业务过程的优化周期是企业业务过程性能优化项目成功实施的关键所在,这是一体化的多过程建模方法的目的所在。

3 多过程建模框架

多过程建模框架如图 2 所示,用于指导建立面向业务过程性能优化全生命周期所需要的企业模型(静态)、仿真模型(动态模型)和 workflow 模型(实施模型)。它从企业物理层面(包括产品/服务、组织、资源、信息、功能和过程六个集成的视图^[2])、社会层面(过程间和过程内不同活动间的时序、因果、通信、控制、协调关系)和知识层面(业务规则、异常处理、资源调度和事件处理)三方面全面的描述

了企业中的各种实体、企业动态行为和企业知识。

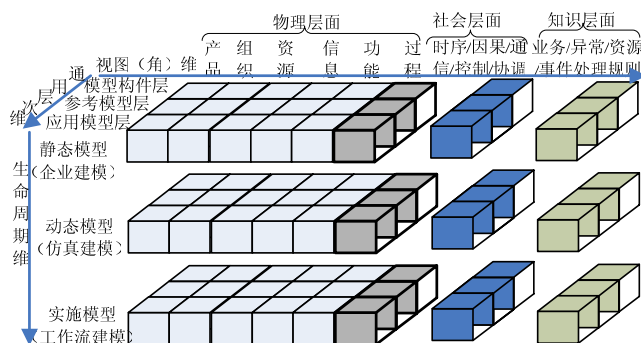


图2 多过程建模框架

多过程建模框架的最大特点是在文献[2]的集成化企业建模方法与体系结构的基础上，1) 特别强调企业是由多过程（即业务过程网络）在广义资源（包括人员、设备、物料、信息、资金和 IT 系统）的支持下实现客户（及其他干系人）当前或未来的需求；2) 增加了社会层和知识层两部分，前者主要用于对企业多个过程和一个过程的多个活动之间的交互关系进行建模，后者对企业中大量存在的、无形的企业知识进行了显式建模；3) 把企业模型、仿真模型和工作流模型统一结合在一起。

➤ 定义1. 多过程(Multi Processes, MP)

MP =(BPs, IPRs)，其中 BPs 为业务过程的集合 (Business Process set, BPs)；IPRs 表示过程间关联关系的集合 (Inter-Process Relationships set, IPRs)，即多过程建模框架中的社会层与知识层所要描述的对象。MP 的主要元素定义如表 1：

表1 多过程 (MP) 主要元素定义

元素	定义
BP (业务过程)	BP=(Activities, Sub-processes, Function, Logic, Knowledge, Performance, BP-Relationships)。即一个 BP 可包含多个企业活动 (Activity) 和子过程 (Sub-process, 可由多个活动组成)，并内嵌了一定的企业功能 (Function)、过程逻辑 (Logic, 包括过程的方法、程序、时序)、知识 (Knowledge, 包括业务规则、异常处理、资源调度规则、事件处理规则)、性能 (Performance, 如能力、柔性、时间、成本) 及其与其他业务过程的依赖关系 (BP-Relationships)。
Activity (活动)	Activity= (Function, Input, Output, Resource, Activity-Relationships, States)。是对企业行为的抽象描述，它在人员、设备或 IT 系统等资源 (Resource) 的支持下通过消耗或变换输入 (Input) 来产生输出 (Output)，即实现了一定的企业功能 (Function)，并产生了活动间的关联关系 (Activity-Relationships)。活动还具有一定的状态 (States)，用于描述活动运行时的不同情形。
Activity State (活动状态)	Activity State= (Initial, Enable, Disable, Running, Completed, Hung up, Terminated, Failed)。即初始、使能、使不能、执行、完成、挂起、中止、失败等状态。

➤ 定义 2. 社会层(Social Stratum, SS)

SS= (T, Causal, Com, Con, Cor), 表示多个过程间或一个过程的多个活动间存在一定的时序(Time, T)、因果(Causal)、通信(Communication, Com)、控制(Control, Con)和协调(Coordination, Cor)等依赖关系, 主要元素定义如表 2。

表 2 社会层主要元素定义

元素	定义
T (时序关系)	T= (Lead, Synchronization, Laggard)。表示一个过程或活动在时间上领先(Lead)/同步(Synchronization)/落后(Laggard)于另一个过程或活动。
Causal (因果关系)	Causal= (Event)。事件(Event)表示某种状态或情形的变化, 当一个过程或活动中的状态或情形发生变化并且这种变化会对另一个过程或活动造成影响, 前者就会向后者发送一个 Event, 但事件中并不包含信息、设备、物料、人员等本身的传递。
Com (通信)	Com= (To send Generalized Resources)。表示两个过程或活动间有广义资源 (Generalized Resources, 如物料、信息、资金、设备资源、人员资源、IT 资源) 的传递关系, 在过程间形成了物料流、信息流、资金流及其他资源使用权的流转。
Con (控制)	Con= (To change States)。表示一个过程/活动能够改变另一个过程/活动的运行时状态 (States), 即后者的状态受到前者控制。
Cor (协调)	Cor= (To reassign the above Relationships)。表示两个过程或活动能够依据企业知识对过程或活动间的上述四种依赖关系 (Relationships) 进行重新分配。

➤ 定义 3. 知识层 (Knowledge Stratum, KS)

KS= (BR, ExR, RR, EvR) 可以对企业中大量存在的指导企业行为的业务规则 (Business Rule, BR)、异常处理规则 (Exception-handling Rule, ExR)、资源调度策略(Resource-schedule Rule, RR)、事件处理规则(Event-processing Rule, EvR)进行建模, 也是企业运营、业务操作、冲突协调、异常处理、各种复杂事件处理的根本依据。这些规则、策略的制定、选用、调整和优化是取得业务过程性能优化项目成功的关键因素, 也是系统建模与仿真方法和技术的主要任务。

4 多过程建模方法

4.1 多过程建模步骤

基于多过程建模框架的多过程建模方法采用迭代的方法从企业静态模型的建立开始, 逐步演化到仿真模型和工作流模型的建立。多过程建模步骤如图 3 所示。

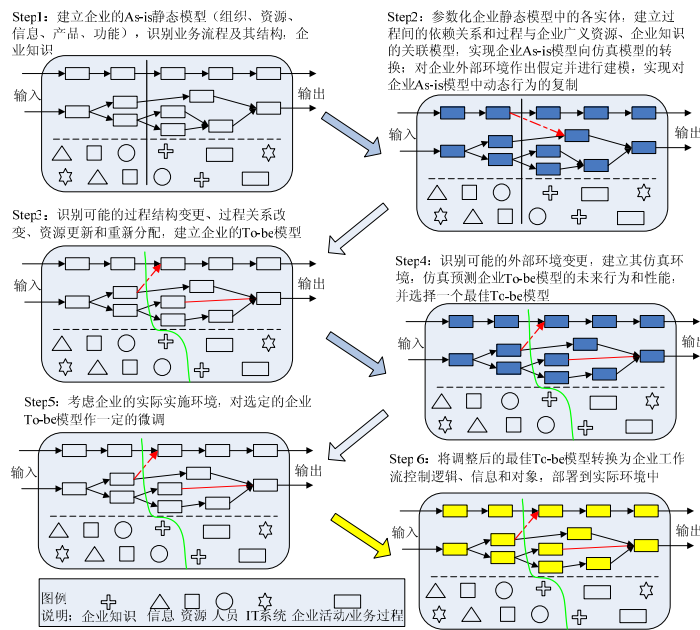


图 3 多过程建模步骤

企业静态模型的建立是在对企业进行充分调研、结合相关的企业参考模型、在规范的建模技术和工具的支持下整理而成，并应在业务过程所有者、管理者和设计者等干系人中达成共识。在调研和建模的过程中对企业的深入程度应做到既充分又适度，采用迭代的方式分阶段完成，每个阶段都有一个明确的里程碑。首先建立企业中各实体的概念模型，建立它们之间的关联关系；然后对各实体进行参数化，对企业外部环境建模，对各种可行的企业运行场景进行仿真分析，初步选定最佳的未来企业模型；再针对具体实施环境对选定的模型作相应的修改，最后把确定的模型转换为可实施的工作流模型。在整个多过程建模过程中，最关键的是对多个过程间、过程与广义资源间的相互依赖关系的建模。

4.2 多过程间依赖关系建模

由第 1 节的多过程建模框架中社会层的定义可知，两个过程间的依赖关系可以表示为一个包含五个向量的矩阵 R ：

$$R = \{T, E, Com, Con, Cor\}$$

其中 T 、 Com 、 Con 和 Cor 的含义同第 3 节的定义 2，而 E 表示因果关系 (Causal) 中的事件 (Event, E)，它们的具体取值如表 3 所示：

表 3 多过程间依赖关系定义

元素	定义
T	{0-无时序关系, 1-领先, 2-同步, 3-滞后}
E	{0-无因果关系, 1-时间事件, 2-数据事件, 3-(广义)资源事件, 4-状态事件, 5-复合事件}

<i>Com</i>	{0-无通信关系, 1-物料, 2-信息, 3-资金, 4-设备, 5-人员, 6-IT 系统}
<i>Con</i>	{0-无状态改变, 1-初始, 2-使能, 3-使不能, 4-执行, 5-完成, 6-挂起, 7-中止, 8-失败}
<i>Cor</i>	{0-无调整, 1-时序调整, 2-事件关系调整, 3-通信调整, 4-控制调整}

显然，如果 $R=(0, 0, 0, 0, 0)$ ，则表示两个过程间没有依赖关系，这也可以看作是一种特殊的关系。

以上的列举不一定完备，不同的企业和不同的建模需求可能会有不同的具体分类，但总体上过程间依赖关系的结构是比较稳定的。因此，从理论上说，两个过程间的关系可以是五个向量中所有关系的可行组合中的一种或几种，即上述矩阵可以描述过程间的所有相互依赖关系。

图 4 描述了 P1（订单处理过程）与 P2（生产过程）两个过程之间的依赖关系：P1 的输入“订单到达”以状态事件的形式使能 P2 的“生产准备”；P1 的“订单处理”活动在时序上领先 P2 的“生产”活动，在活动完成后传递了信息“产品需求量”给后者，同时改变了后者的状态；“收款”与“发货”两个活动的时序先后则可以在运行环境中依据各种具体情形（看作为复杂事件）进行协调，因此两个过程间的依赖关系可以表示为 R ：

$$R = \begin{pmatrix} 0, & 2, & 0, & 1, & 0 \\ 1, & 0, & 2, & 2, & 0 \\ 0/1/2/3, & 5, & 0, & 0, & 1 \end{pmatrix}$$

同理， R 也可以用图 4 中所示的多过程依赖关系模型来表示。

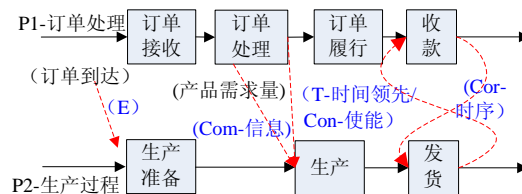


图 4 多过程间依赖关系模型示意图

5 多过程建模工具元模型设计

支持业务过程性能优化的多过程建模工具的元模型设计是基于 MOF 规范^[14]和 workflow 管理联盟的过程描述语言 XPD L 规范^[15]，并综合考虑了对企业模型、仿真模型及 workflow 模型在建模与转换过程中的一致性需求而提出来的。重点突出了多过程间依赖关系、知识规则和性能监控三个子模型的元模型设计和建模、仿真、执行三类模型之间关联关系和一致性的设计与说明。图 5 以 UML 类图的方式描述了多过程建模工具元模型的总体框架，主要包括一个抽象基类 (ModelElement) 和视图子模型、社会关系子模型、知识规则子模型、仿真子模型和 workflow 子模型。具体说明如表 4 所示：

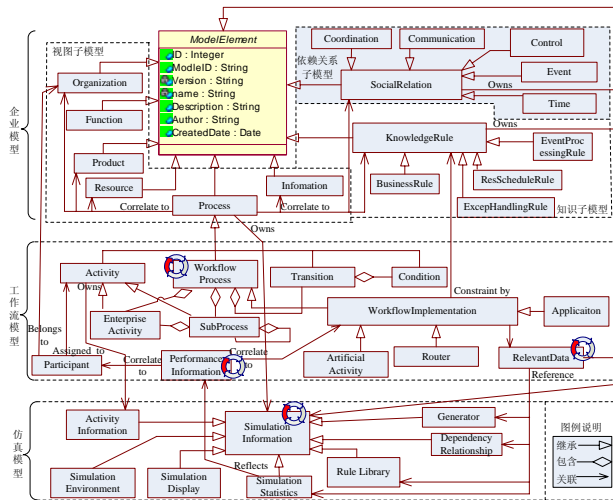


图 5 多过程建模工具元模型总体框架

表 4 多过程建模工具元模型说明

元素	说明
模型元素类	是该元模型的顶级父类，所有的其他类都直接或间接地继承于该类。它包括七个基本的公共属性：“ID”属性是类实例的唯一标识符，在数据库存储中唯一的标识某个具体实例；“ModelID”定义了类实例所属模型的标识符，用于唯一确定类实例所属的企业模型；“Version”定义了类实例所属模型的版本，进一步明确类实例所属企业模型的版本；“name”定义了类实例的名称，在一定约束下该属性对类的实例是唯一的，但在有些情形下并不唯一，如分属两个不同过程的活动显然可以同名，在数据存储和系统实现中一般由“ID”作为实例的唯一标识；“Description”定义了对类实例的附加描述，有利于各类人员理解其含义。元模型中所有的类都有其属性和操作定义，限于篇幅，其他类从略。
企业模型类	包括视图模型子类(组织、功能、资源、产品、过程、信息)、依赖关系子模型类(SocialRelation)和知识规则子模型类(KnowledgeRule)；依赖关系类又派生出时序类(Time)、事件类(Event)、通信类(Communication)、控制类(Control)和协调类(Coordination)；而知识规则类则派生出业务规则类(BusinessRule)、资源调度规则类(ResourceScheduleRule)、异常处理规则类(ExceptionHandlingRule)和事件处理规则类(Event Processing Rule)等。它们为描述企业这个复杂系统内的各种实体和关联提供了丰富的建模概念和建模元素。其中以过程模型类(Process)为核心，对企业的活动、活动间的相互依赖关系、企业的知识规则、活动执行所需要引用的资源、组织(人员)和信息等类进行了关联，形成了一个统一、完整、集成的企业元模型结构。
仿真模型类	基类“SimulationInformation”描述了对企业模型仿真时所需要的模型信息。该类可以引用企业模型类中的业务过程类(Process)、社会关联类(SocialRelation)和知识规则(KnowledgeRule)类，并根据仿真的需要，派生出仿真环境类(SimulationEnvironment)、仿真数据统计分析类(SimulationStatistics)和展示类(SimulationDisplay)，过程/活动间依赖关系类(DependencyRelationship)、知识规则库类(RuleLibrary)和仿真事务发生器(Generator)类等。环境设置类、事务发生器类、依赖关系类和规则库类的各种实例及其组合为企业仿真、过程性能优化提供了对各种场景的描述能力。
工作流模型类	在企业过程类(Process)的基础上直接派生出工作流过程类(WorkflowProcess)、抽象活动类(Activity)、变迁类(Transition)和条件类(Condition)。抽象活动类派生出企业活动类(EnterpriseActivity)和子过程类(SubProcess)；“WorkflowProcess”包含企业活动、子过程、变迁和条件。“Transition”定义了活动间的控制连接弧，而“Condition”定义了弧上的条件，条件将被实例化为数据、条件表达式。这些都是基于XPDL规范。相关数据类(RelevantData)是“ModelElement”的直接子类，定义了工作流运行期间每个过程实例都需要用到或创建的数据，这些数据可以用于在活动间传递持久信息或中间结果(如反映SocialRelation和KnowledgeRule类实例属性的数据)。
性能类	与仿真统计类、工作流实现类(WorkflowImplementation)、参与者类(Participant)、资源类(Resource)、产品类(Product)相关联。因此，它是面向业务过程性能优化的多过程建模工具的元模型中各个类之间的一个主要交汇点(如图5中的环状箭头所示)。另三个交汇点分别是过程类(Process)、仿真信息类(SimulationInfo)和相关数据类(RelevantData)。正是通过它们之间的关联，保证了企业模型、仿真模型和工作流模型的一致性。

6 应用案例

XX 集团公司是中央管理的、跨国经营的综合性大型企业。随着集团公司国际业务的不断拓展和国外同行企业不断进入中国市场，集团公司在国内国外两个市场上的竞争越来越激烈。面对巨大挑战，集

团必须进行战略重组，以提高市场竞争力。为此，集团公司领导层决定，首先从集团公司总部开始，对企业的业务流程进行梳理，并重新规划一个与企业未来业务需求相适应的高效、集成的信息资源环境和信息管理系统，以促进企业业务性能的全面提升。

考虑到集团总部的主要业务在于管理（而非生产）、而且管理程序上的流转物主要为文档和数据信息这些特点，项目组明确了本项目中企业建模的重点在企业的功能、组织（包括人员、岗位配置）、信息、过程及过程间的相互依赖关系等方面。相应的，业务过程性能优化的重点主要在人员的配置、过程间依赖关系（文档、信息流转的时序、状态控制）的优化及对业务流程进行自动化部署三方面。

为此，依据多过程建模框架和建模方法，我们对企业集团总部进行了为期两周的调研。首先从企业信息管理系统中提取了企业的有关规章制度、部门设置、组织结构、岗位配置、在岗人员情况等信息，建立了企业的组织结构模型；然后按部门对总部各部门的业务流程进行了现场调研，建立了各部门的业务过程模型；最后依据调研中获取的数据建立了企业的信息模型。

调研结束后，进行了跨部门业务流程的综合整理，并把人员、时序、流转文档的控制关系等与业务过程进行了关联，建立了集团总部的总体的多过程模型。并借助多过程建模工具对多过程模型性能进行了仿真分析。最后，对多过程模型中的活动进行了“是否可计算机化处理”的识别，对其中能够进行计算机化处理的部分进行了工作流模型建模，供集团的工作流管理系统使用。

图 6 展示了一个基于本文提出的元模型实现的多过程建模工具对本案例中存在“人员资源”传递关系的两个过程进行建模与仿真性能分析的应用场景：

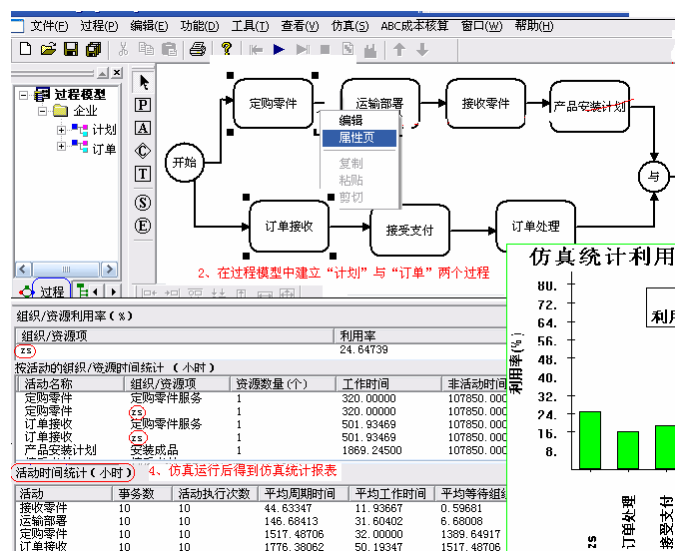


图 6 多过程建模工具的应用场景

- 在组织视图中建立人员“zs”，并设置其属性；

-
- 在过程视图中建立两个过程“计划”和“订单”，包括如图所示的多个活动和变迁；
 - 把分属于不同过程的两个活动“(向供货商)订购零件”和“(客户)订单处理”与同一个人员“zs”相关联，实现了两个过程间“人员资源传递”依赖关系的建模。
 - 采用事务发生器模拟不同的业务环境并选定不同的知识规则组合，可以仿真计算出此多过程在不同工作条件下的业务性能状况。如假定每天发生的事务数服从“均值为1天、方差为4小时”的正态分布，活动的资源调度规则为“先到先服务”等。在设置了所有活动的属性后，通过仿真执行就可以得到此多过程业务性能的仿真统计报表及其图形化展示。

仿真结果表明，“订购零件”和“订单接收”这两个活动的平均等待组织资源时间大大超过其他活动，人员“zs”的利用率较高，这些为企业的业务决策提供了量化的依据。

7 结论

多过程建模方法在集成化企业建模技术、业务过程仿真技术和 workflow 技术的基础上，借助扩展的企业社会层（过程间和过程内不同活动间的时序、事件、通信、控制、协调关系）和知识层（业务规则、异常处理规则、资源调度规则和事件处理规则）等建模概念可以对企业多过程间复杂的依赖关系和交互关系进行准确的建模。一体化的多过程建模过程使企业建模、业务过程仿真优化建模和 workflow 实施部署建模具有内在的统一性。在所设计的多过程建模工具的支持下，多过程建模方法能有效地缩短业务过程性能优化过程的周期时间，大大提高了企业建模技术、仿真优化技术及 workflow 技术在企业中的实际应用价值。实践应用表明，采用所提出的多过程建模方法，能够对企业业务流程进行准确快速的建模、分析和部署，为业务过程性能优化项目的顺利实施提供了可靠的决策依据。

参考文献

- [1] HALL C., HAMON P. The 2005 Enterprise architecture, process modeling & simulation tools report, version 1.1 [EB/OL]. (2005-11)[2006-10-26]. [http:// www.bptrends.com](http://www.bptrends.com).
- [2] FAN Yushun. Integrated enterprise modeling method and system [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2007(in Chinese). [范玉顺, 集成化企业建模方法与系统[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.]
- [3] RAHIMIFARD A., WESTON. R. The enhanced use of enterprise and simulation modeling techniques to support factory changeability [J]. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 2007, 20, (4) : 307-328.
- [4] PALP K., SHEPPERD M. Quantitative analysis of static models of processes [J]. The Journal of Systems and Software, 2000, 52:105-112.

-
- [5] FU Qian, ZHANG Shensheng, DAI Kaiyu. Study on workflow simulation for process improvement [J]. *Journal of System Simulation* 2002, 14 (10):1321-1324 (in Chinese). [傅 谦, 张申生, 戴开宇. 支持过程改进的工作流仿真研究[J]. *系统仿真学报*, 2002, 14 (10): 1321-1324.]
- [6] LIU Lei, LI Renwang, ZHU Zefei, et al. Research on business process simulation based on workflow [J]. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2005, 11 (11) : 1511-1515 (in Chinese). [刘磊, 李仁旺, 朱泽飞 等. 基于工作流的企业过程仿真技术研究[J]. *计算机集成制造系统*, 2005, 11 (11): 1511-1515.]
- [7] JI Haifeng, FAN Yushun. Simulation oriented workflow model [J]. *Aeronautical Manufacturing Technology*. 2004(1): 49-51(in Chinese).[吉海峰, 范玉顺. 面向仿真的工作流模型[J]. *航空制造技术*, 2004 (1):49-51.]
- [8] CHATHA, K.A., AJAEFOBI, J.O., WESTON, R.H. Enriched multi-process modeling in support of the life cycle engineering of Business Processes[J]. *International Journal of Production Research*, 2006(1):1–39.
- [9] Neely A. *Business performance measurement theory and practice* [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2002.
- [10] SUWIGNJO, P., BITITCI, U.S., CARRIE, A.S. Quantitative models for performance measurement system[J]. *Int. J. of Production Economics*, 2000, 64, 231–241.
- [11] JOSEPH S. Quantitative models for performance measurement systems—alternate considerations[J]. *Int. J. Production Economics*, 2003 (86): 81–90.
- [12] DONALD R. C., PAMELA S. S. *Business research methods*[M], Boston : Irwin/McGraw-Hill, 7th ed, 2001.
- [13] BANKER R. D., CHARNES A. , COOPER W. W. Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis(DEA)[J]. *MANAGEMENT SCIENCE*, 1984, 30, (9):.1078-1092.
- [14] The Object Management Group (OMG), Inc. *Meta Object Facility (MOF) Specification. V1.4* [EB/OL]. (2002-04)[2006-10-26]. <http://www.omg.org>.
- [15] Workflow Management Coalition (WfMC). *Workflow management coalition workflow standard: workflow process definition interface—XML process definition language* [EB/OL]. (2002-10-25)[2006-10-26]. <http://www.wfmc.org>.

Study on Multi-Process Modeling Method for Improvement of Business-Process Performance

ZENG, Sen FAN, Yu-shun HUANG Shuang-xi

(National Eng. Research Center of CIMS, Dep. of Automation, Tsinghua Univ., Beijing,
100084,China)

Abstract: In order to improve the performance of business processes, the system structure of the improvement of the business-process performance's life-cycle was analyzed in detail from the viewpoint of the system dynamics. It was proved based on the control theory that: 1) the accuracy of the model and, 2) the decreasing of the cycle time of the modeling, analyzing, and implementation of the business processes are crucial to the improvement of the business-process performance. To satisfy the two requirements, a Multi-Process modeling Framework and Method (MPFM) was proposed to unify the modeling process of the enterprise modeling, simulation modeling and workflow modeling. And the correlations between multiple processes are described and modeled accurately in the MPFM. Then a meta-model of the corresponding MPFM-modeling tool was designed based on the Meta Object Facility (MOF). A case was displayed with the application of the MPFM method and the corresponding prototype system developed based on the meta-model of the MPEM-modeling tool at last.

Key words : Enterprise model; Simulation model; Workflow model; Multi-process modeling; Performance improvement; Meta model