

文章编号: 1001-0920(2004)07-0769-04

## 面向信息化整体解决方案的集成化企业建模框架

赵 范玉顺

(清华大学 自动化系 国家CIMS工程技术研究中心, 北京 100084)

**摘要:** 针对信息化整体解决方案的目标、内容, 分析了整体解决方案对模型的需求, 给出面向信息化整体解决方案的集成化企业建模框架EM ITS. 提出模型内容和结构随生命周期阶段不同而不同的观点, 分析了各阶段的模型组成、模型之间的关系和模型演化过程, 并给出基于EM ITS的建模系统功能框架

**关键词:** 企业建模; 企业信息化; 整体解决方案; 建模框架; 建模系统

**中图分类号:** TP319, TH166 **文献标识码:** A

## Integrated enterprise modeling framework for the informatization total solution

ZHAO Yu, FAN Yu-shun

(Department of Automation, Tsinghua University, Beijing 100084, China Correspondent: ZHAO Yu, E-mail: zhaoyu00@mails.tsinghua.edu.cn)

**Abstract:** Aiming at the goal and content of the enterprise informatization total solution, an integrated enterprise modeling framework for the informatization total solution (EM ITS) is proposed, on the standpoint that the content and structure of the model vary with the modeling lifetime. The contents of model in each period, relations among these models and the evolution process of enterprise model are analyzed. An EM ITS based enterprise modeling system framework is also proposed.

**Key words:** enterprise modeling; enterprise informatization; total solution; modeling framework; modeling system

### 1 引言

企业信息化是一个十分复杂的过程, 需要考虑信息系统的需求分析、系统设计、系统实施和运行维护, 特别是在信息技术不断发展、市场环境发生变化的情况下, 还要求它能根据新的经营运作需求升级或快速重组信息系统, 这对信息系统的设计提出了非常高的要求。如何设计并实施信息化整体解决方案, 是关系企业未来的关键技术<sup>[1]</sup>。而企业建模是整体解决方案求解的重点, 一个成功的符合整体解决思想的企业信息化工程, 需要建立在一个合理的企业模型框架和一套全面的建模系统基础上。

目前, 已有很多较为成熟的企业建模框架, 如CMOSA, ARIS, GRAI/GM 和PERA等。但是面向信息化整体解决方案, 它们仍存在一些不足: 针对信息系统生命周期, 大多数框架都只着重定义了信息系统的分析、设计和实施层的模型, 而缺乏对战略规划阶段以及系统执行维护阶段的支持; 模型的生命周期维较弱, 缺乏对各生命周期阶段模型具体内容和形式的明确定义, 阶段之间的界线模糊, 阶段的特点在模型中体现得不够充分; 模型与实际信息系统之间的关联不够紧密, 缺乏一致的映射机制, 无法真正实现基于动态建模的系统动态配置/重构, 达到

收稿日期: 2003-07-14; 修回日期: 2003-11-03

基金项目: 国家863计划/CMS主题资助项目(2001AA415010)。

作者简介: 赵 (1981—), 男, 北京人, 博士生, 从事企业建模、软件工程等研究; 范玉顺(1962—), 男, 江苏扬州人, 教授, 博士生导师, 从事网络化制造、企业建模等研究

## 模型与系统之间的互动

针对上述问题,基于集成化企业建模体系结构现有的研究成果<sup>[2]</sup>,本文提出了面向信息化整体解决方案的集成化企业建模框架EM ITS,并着重分析了面向整体解决方案各生命周期阶段中企业模型的内容,各阶段模型之间的关系和模型的演化过程。最后,给出了基于EM ITS框架的建模系统功能框架。

## 2 面向信息化整体解决方案的企业建模框架EM ITS

图1为EM ITS的基本框架,它是由视图维、生命周期维和通用性层次维组成的三维结构,但与CMOSA<sup>[3,4]</sup>传统的立方体结构不同。对于不同生命周期阶段,EM ITS强调建模的目的不同,所组成模型的视图和内容也不同,也就是说生命周期维与视图维是紧密关联的,而且从前至后各个阶段的模型是相继导出或映射出的。

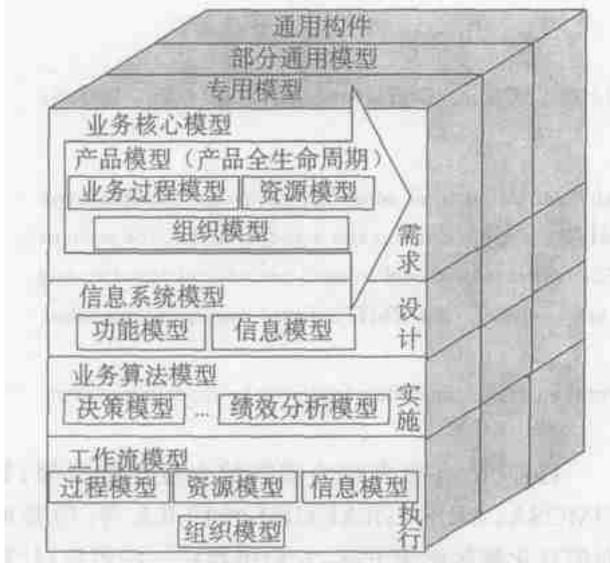


图1 面向信息化整体解决方案的企业建模框架EM ITS

实施企业信息化整体解决方案的生命周期包含4个主要阶段:企业(业务)战略规划、信息系统战略规划、信息系统实现和信息系统运行维护。EM ITS的生命周期维是对应这4个阶段划分的,但考虑建模框架的命名习惯,仍称为需求分析层、设计说明层、系统实施层和执行维护层。EM ITS的通用性层次维与CMOSA所定义的相似,分为通用层、部分通用层和专用层。它使建模过程模块化或模板化,体现重用的概念和方法,缩短建模周期,提高建模质量。通用层由一些建模构件、术语、规则和协议等组成,是组成模型的基本单元;部分通用层是一组适合于某一类行业/系统的部分通用模型(模板),即参考

模型,拥有该类行业/系统中大部分实例共有的典型结构;专用层是指利用建模构件和参考模型建立的适用于一个特定企业/系统的模型。

下面介绍EM ITS框架中4个生命周期阶段各自模型的内容和视图组成,以及阶段间模型的演化过程。

### 2.1 需求分析层——业务核心模型

整体解决方案的企业(业务)战略规划阶段的目标是确定未来信息系统需要遵循的业务,完成对当前企业业务的描述、分析、诊断和优化,确定企业核心业务过程。因此在这个阶段,企业建模需要完成企业业务模型的建立,并且基于业务模型进行业务诊断和业务优化,输出的结果构成企业信息系统的业务需求。这个阶段的模型称为业务核心模型。

业务核心模型描述的是企业业务最核心的内容,由产品模型、业务过程模型、资源模型和组织模型4个视图组成。其中:产品模型定义企业产品的类型、结构、功能、相关文档和规范及制造工艺等设计制造信息,并且需要覆盖企业产品的全生命周期;业务过程模型定义企业在各产品生命周期中涉及到的业务过程,包括产品的设计制造、生产计划管理、销售与采购等过程;资源模型定义企业的设备、人员、信息等执行企业业务过程需要的资源;组织模型定义企业的组织结构,确定企业中人员和组织部门的权力和责任。这4个视图的核心是业务过程模型,在过程模型中,通过业务活动的属性定义实现过程与组织、资源、产品信息的集成,并通过对集成了各视图信息的过程模型进行仿真分析,实现对企业业务的诊断和对信息系统的需求分析,并根据一定指标确定企业的核心业务过程。经过优化的业务核心模型成为指导整体解决方案实施的企业业务框架。

### 2.2 设计说明层——信息系统模型

整体解决方案中信息系统规划阶段的目标,是在业务框架下确立企业信息系统的功能结构、数据结构和集成框架,以及信息系统的实施策略、实施方法和实施计划等,即信息系统框架。因此在这个阶段,需要从建立好的业务核心模型中抽取并建立未来信息系统的功能模型和信息模型。这个阶段的模型称为信息系统模型,包含功能视图和信息视图。功能模型按照从上至下、层次分解来描述系统的功能结构、功能单元之间的交互关系和交互接口,每个功能单元实际对应着未来信息系统的功能模块或组件。信息模型描述信息系统需要用到所有数据的数据结构和数据之间的关系,为建立未来信息系

统数据库进行概念建模和物理建模 信息系统模型的建立实际上就是传统的结构化软件分析过程,但在EM ITS 中,信息系统模型源于需求层的业务核心模型,具体的演化过程将在 2.5 节中讨论

### 2.3 系统实施层——系统组件模型、业务算法模型

信息系统实施阶段完成信息系统的配置和开发工作. 整体解决方案的思想强调系统的柔性和可配置性,因此最终的信息系统应以组件化的形态出现,并且所有组件将用组件库的形式进行存储和管理,方便重用. 在这个阶段,需要在企业模型中建立系统组件模型,定义组件的属性、接口、分类和组件库的结构等信息. 由于信息系统模型中功能模型的功能单元对应于系统组件/模块,需要进一步在组件模型与功能模型之间建立相应关联

系统实施即按功能模型中的功能要求,根据组件模型描述,从组件库中选取合适的组件,搭配组成需要的信息系统. 对于组件库中没有满足要求的组件,则需要在系统实施阶段进行新组件的详细设计和开发. 于是,在系统实施阶段还需要建立支持组件开发的模型. 因为实现不同功能的组件完成的具体业务具有特殊性和专业性,所以针对这些特殊业务还要建立一些辅助的模型来完成系统算法的设计. 如:对于决策支持组件,需要相应的决策模型来描述决策的过程和规则,而绩效分析组件则需要相应的绩效分析模型来描述统计分析的算法. 这个阶段的模型称为业务算法模型,它是业务核心模型中某个业务过程的具体展开,只因各个业务过程的特殊个性,引出用不同建模方法建立的业务算法模型

### 2.4 运行维护层—— workflow 模型

整体解决方案在信息系统的运行维护阶段需要完成的工作是监控、管理信息系统的运行,即对拥有信息系统的业务 workflow 进行管理,并维护信息系统始终与变化的企业战略、业务需求保持一致. 于是在这个阶段,EM ITS 框架建立用于开发 workflow 管理系统的工作流模型. 工作流模型是由前面各阶段模型调整、展开得到的,包括过程模型、资源模型、信息模型和组织模型 4 个视图. 这里的过程模型相对于需求阶段的过程模型,描述得更加细致,业务过程全部展开到可执行级的活动层,定义执行活动需要的组织、资源和信息的完备数据,以及执行过程中的异常处理等;资源模型要引入新开发的信息系统或组件,以及更改其他在信息化工程实施中变更的资源;信息模型相对于设计阶段中的信息模型,除了要描述信息系统需要使用的信息结构和关系,还需要描述

用于 workflow 执行本身需要访问的信息结构,用于生成 workflow 执行数据库;组织模型描述 workflow 执行过程中涉及到的一切权限和责任分配

### 2.5 各阶段模型之间的关系和模型演化过程

根据实施整体解决方案不同阶段的不同目标,EM ITS 框架在各个阶段定义了不同形态的模型. 这些模型之间彼此关联,后阶段的模型可由前阶段的模型映射或导出. 映射机制将保证最后的运行系统与最初业务规划之间的一致性,且随着企业业务的调整,信息系统能够保证同步更新

从业务核心模型到信息系统模型是一个抽取和导出的过程. 将过程模型中具有相同功能目标的业务活动组合成一个功能单元,即未来这些业务活动将由此功能单元对应的组件来完成. 这些业务活动的输入、输出及所用到的资源、相关文档的集合定义为这个功能单元的输入、输出、机制和控制,活动之间的逻辑关系映射为这些功能单元间的逻辑关系. 这些功能单元将配置为最后运行的信息系统的子系统或系统组件. 另一方面,过程模型中活动使用和传递的各种可用表单形式表达的数据,能够抽取出来整理成为 ER 关系表示的信息模型,并按数据库范式要求导出信息系统数据库的物理模型. 这样,利用模型的变换即可建立基于企业业务框架的信息系统框架,实现整体解决方案强调的以业务作为驱动的信息系统实施. EM ITS 框架中其他各阶段模型之间的关系和演化过程如图 2 所示

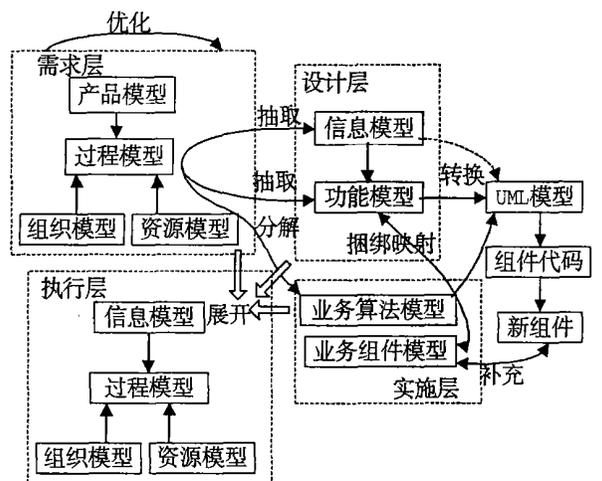


图 2 EM ITS 中其他各阶段模型间的关系和演化过程

## 3 基于 EM ITS 框架的企业建模系统

企业模型贯穿于整个信息化工程的生命周期,所以一个建模系统不仅是一个纯粹的建模工具,而且应是一组支持和使能信息化工程的平台. 本文提

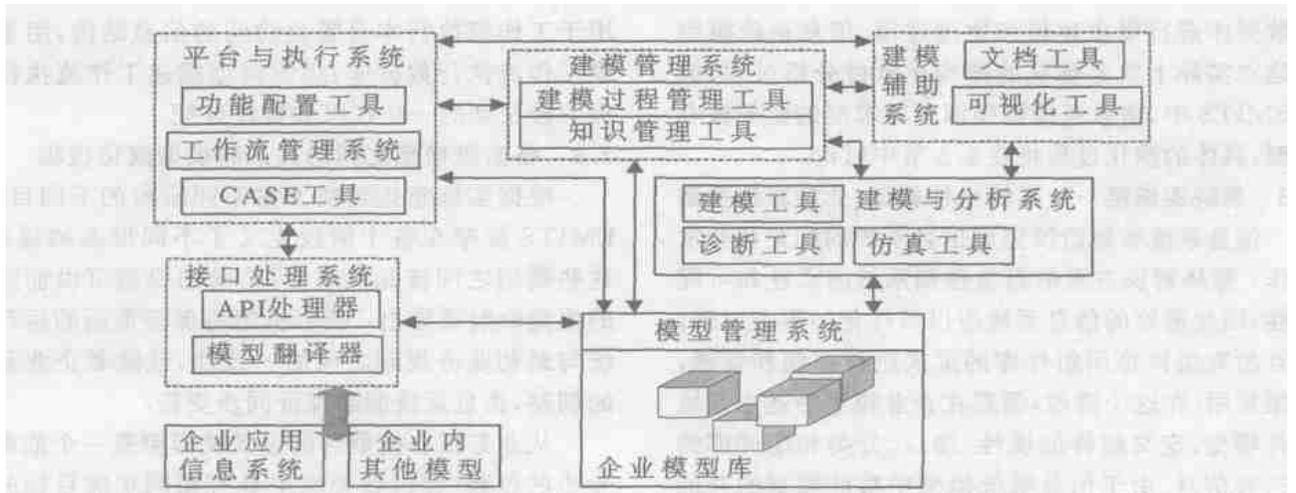


图3 基于EM ITS的企业建模系统功能框架

出是一个基于EM ITS的企业建模系统功能框架,整个建模系统由一个模型库和6个子系统组成,如图3所示。

1) 模型库: 它存放建模系统定义好的企业模型, 存储模型数据和数据间的关系。这些模型包括模型框架中不同的生命周期、视图及通用性的所有模型。模型库中的模型采用统一的建模语言表示各模型元素、元素属性和元素之间的关系, 并维护模型数据之间的一致性。

2) 模型管理系统: 处理建模系统内所有其他子系统对模型库的访问请求。其他子系统通过一致的模型访问语言(接口)对模型库中的模型数据进行访问和使用, 包括查询、增加、删除、修改、运算等操作。模型库、模型管理系统和模型访问语言(接口)之间的关系类似于数据库、数据库管理系统(DBMS)和数据库查询语言(SQL)之间的关系<sup>[4]</sup>。

3) 建模管理系统: 包括建模过程管理工具以及知识管理工具。建模过程管理工具处理建模过程的控制, 负责建模系统中所有工具之间的协调和调度。知识管理工具完成企业知识、建模知识的抽取和管理, 完成参考模型管理和整个建模过程的文档管理, 从知识工程的角度支持需求到模型的转化, 参考模型到企业模型的例化, 企业模型到参考模型的抽取等与知识处理相关的过程。

4) 建模与分析系统: 包括建模工具、模型诊断工具和模型仿真工具等。建模工具完成模型的创建和编辑; 仿真工具对模型进行动态仿真分析, 产生仿真数据提供给诊断工具; 诊断工具利用模型、仿真结果以及诊断规则对企业模型进行诊断分析并提供诊断报告。

5) 平台与执行系统: 包括功能配置工具、工作流管理工具和CASE工具等。这个子系统实现模型对信息系统规划、设计、运行控制及维护的支持。工作流管理工具利用工作流模型对信息系统的运行进行导航、管理和监控<sup>[6]</sup>。CASE工具通过将企业模型中采用伪码或统一建模语言表达的功能操作以及业务算法自动转换成程序代码, 辅助完成企业模型到实际信息系统的转换。功能配置工具接受用户对系统部分功能调整的需求, 调整功能模型, 同时联动更改相关联的业务过程模型, 实现信息系统新需求缓存至模型中, 从全局和集成的角度处理系统的更改。

6) 接口处理系统: 包括API处理器和模型翻译器等。API处理器负责处理建模系统与外界的消息传递。模型翻译器将模型库中利用自己建模语言存储的模型和企业中其他格式模型进行互相翻译转换, 实现对已有模型的重用以及对其他主流建模语言如UML、XML和STEP等的支持。

7) 建模辅助系统: 包括可视化工具和文档工具等。这个子系统为其他各子系统提供诸如数据可视化、文档生成、文档处理等公共辅助工具和组件。

目前, 建模与分析系统、模型管理系统、工作流管理工具、建模辅助系统、接口处理系统等, 都有相对成熟的原型, 模型管理系统已为其他子系统访问模型库定义了统一的模型访问接口。建模管理系统、功能配置工具及CASE工具, 可根据对模型演化过程和映射机制的进一步研究结果开发成形, 并快速集成到整个EM ITS工具集中, 通过EM ITS工具集在实际工程的应用, 如企业ERP工程的需求分析、定制、实施与运行维护, 验证EM ITS工具集和建模框架的有效性。

(下转第777页)

的结果

从上面的仿真结果可以看出: 如果选择大、中、小 3 种不同型号的车进行组合运输配送货物, 则有 5 个潜在设施被选中, 并由它们分别为 30 个客户提供服务, 此时目标函数值为最小  $f(x) = 6\,991.91$  元

## 6 结 语

本文提出采用启发式规则将客户进行最小包络聚类分析为若干子类; 然后, 采用遗传搜索求解每一客户子类中的优化运输路线的方法, 为解决单目标物流配送LRP 优化问题提供了新的思路和途径。根据遗传算法的搜索特性, 可将客户类中的不同客户进行遗传随机优化搜索, 在全局进行最优解(或近优解)寻找, 避免了传统优化算法中的“局部最优现象”的发生, 同时能够进行大规模物流配送路径优化问题的寻优。计算机仿真实验证明了该算法的有效性。本文将最小包络聚类分析和遗传算法有效地结合, 提出了两阶段启发式算法, 为进一步研究物流配送优化调度问题, 并将研究成果应用于物流生产调度的实际工作, 提高企业的经济效益, 提供了参考。

## 参考文献(References):

[1] Hokey M, Vaidyanathan J, Rajesh S. Combined loca-

tion-routing problem: A synthesis and future research directions [J]. *European J of Operational Research*, 1998, 108(1): 1-15

[2] Von Boventer. The relationship between transportation costs and location rent in transportation problem [J]. *J of Regional Science*, 1961, 3(2): 27-40

[3] Maranzana F E. On the location of supply points to minimize transport costs [J]. *Operational Research Quarterly*, 1965, 15(2): 261-270

[4] Watson-Gandy C, Dohrn P. Depot location with van salesman-A practical approach [J]. *Omega*, 1973, 1(3): 321-329

[5] Bookbinder J H, Reece K E. Vehicle routing considerations in distribution system design [J]. *European J of Operation Research*, 1988, 37(2): 204-213

[6] Bruno D B, Vincent F, Paul S, et al. Solving vehicle routing problems using constraint programming and metaheuristics [J]. *J of Heuristics*, 2000, 6(5): 501-523

[7] Hwang, H S. Design of supply-chain logistics system considering service level [J]. *Computers and Industrial Engineering*, 2002, 43(7): 283-297.

(上接第 772 页)

## 4 结 语

本文按照信息化整体解决方案的目标, 提出了面向整体解决方案的企业建模框架EM ITS, 强调模型内容和结构随信息化生命周期阶段不同而不同的观点, 分析了对应于实施信息化整体解决方案的各阶段中企业模型的内容和结构, 讨论了各阶段模型之间的关系和演化过程, 并根据EM ITS 框架给出了企业建模系统的功能框架

在本文提出的EM ITS 框架下, 可继续深入研究业务模型与信息系统模型、模型与系统之间的转换和互动机制及模型演化过程中的一致性问题, 并结合本文提出的建模系统框架利用可操作的研究结果设计开发出有效的整体解决方案实施工具

## 参考文献(References):

[1] 范玉顺. 信息时代企业综合发展框架与信息化整体解决方案[J]. *航空制造技术*, 2002, 8: 17-22

(Fan Y S. Enterprise development framework in the information age and total solution for information system

implementation [J]. *The Aeronautical Manufacturing Technology*, 2002, 8: 17-22.)

[2] 范玉顺, 吴澄. 集成化企业建模系统体系结构与实施方法研究[J]. *控制与决策*, 2000, 15(4): 401-405

(Fan Y S, Wu C. Research of system architecture and implementation method for integrated enterprise modeling [J]. *Control and Decision*, 2000, 15(4): 401-405.)

[3] ESPRIT Consortium AMICE. *CMOSA: Open System Architecture for CIM* [M]. Berlin: Springer-Verlag, 1993

[4] Vernadat F B. *Enterprise Modeling and Integration: Principles and Applications* [M]. New York: Chapman & Hall, 1996

[5] Hossain A, Gabbar, Yukiyasu Shimada, Kazuhiko Suzuki. Computer-aided plant enterprise modeling environment (CAPE-ModE) - design initiatives [J]. *Computers in Industry*, 2002, 47(1): 25-37.

[6] 范玉顺. workflow管理技术基础: 实现企业业务过程重组、过程管理与过程自动化的核心技术 [M]. 北京: 清华大学出版社, 施普林格出版社, 2001