

集成化企业建模方法与工具系统研究*

范玉顺 吴澄

王刚

高展

清华大学自动化系
北京 100084

哈尔滨工业大学 CIMIT 中心
哈尔滨 150001

中科院沈阳自动化研究所
沈阳 110015

摘要: 企业建模方法学的研究及工具开发对于促进企业快速高效地实施 CIMS 具有重要意义。本文研究了企业建模方法的发展趋势,在此基础上,提出了一个集成化的企业建模方法,给出了建模框架体系和建模方法,并设计了一个基于 CORBA 软件总线的集成化企业建模与仿真优化系统。本文通过引入运行维护阶段,将传统的 3 阶段生命周期开环建模过程扩展成一个闭环的 4 阶段建模循环过程,采用 workflow 模型(过程模型)作为企业模型的核心视图。所提出的建模方法与设计的软件工具对于促进集成化企业建模方法学的研究和开发具有我国自主知识产权的建模与优化工具系统具有实际应用价值。

关键词: 企业模型, 集成化建模, 工作流, 仿真, CORBA

1. 引言

企业实施 CIMS 更是一个复杂的系统工程。为了成功地实施 CIMS,除了要求实施者具有良好的理论、技术水平和丰富的实施经验之外,还必须有先进实用的实施方法论的指导和工具系统的支持。针对 CIMS 工程的实施,国内外学者提出了多种系统建模、设计和分析方法,如 CIMOSA^[1]、PERA^[2]、ARIS^[3]、DEM^[4]和 IDEF^[5]等方法,这些方法各有特色,也分别存在不足,它们从不同的角度提出了对企业这种复杂系统的理解,并各自给出了描述方法,同时也开发了相应的工具系统。

在当今世界市场正在发生持续快速变化的形势下,企业面临的竞争日益激烈。在这种情况下,企业建模理论和方法在适应性、集成化、面向全生命周期、性能优化、一体化建模与实施等方面都面临着更高的要求,现有的企业建模方法存在的问题也日益明显,这些问题集中反映在以下几个方面:

- 1) 现有建模方法的 3 阶段的生命周期(需求定义、设计、实施)尚不能满足企业持续发展的需要。在当今持续快速变化的市场竞争环境下,企业的经营过程需要不断地进行重组,生产过程需要不断地进行重构,企业的产品需要不断地进行创新,支持企业实现这些战略目标的企业信息系统就需要不断地进行相应的改进和重组。现有的企业建模的 3 阶段方法仅完成了对企业信息系统的实施过程的一次描述,它不能支持企业不断改进和维护信息系统的过程;
- 2) 现有企业建模方法在集成方面存在严重的不足。主要反映在两个方面,第一,大多数企业建模理论和方法采用多视图建模的方法来描述企业的不同侧面,缺乏一个良好的方法来实现这些不同视图模型之间的集成;第二,现有的企业建模工具与应用实施工具之间存在严重脱节,建模理论和方法取得的结果不能直接转化为可实施的系统,导致建模理论的许多成果不能真正发挥其对于实际企业实施的指导作用;
- 3) 现有企业建模工具在适应性和柔性上存在不足。现有的企业建模工具基本是一个结构与功能比较固定的软件系统,在软件的设计与组织上没有引入软件组件的概念和方法,因此,所开发的工具系统在适应性和柔性上存在不足;

* 863/CIMS 主题资助项目

- 4) 现有建模方法缺乏有效的模型性能评价指标体系，模型仿真优化功能较弱，迫切需要建立实用的模型性能评价指标体系，在此基础上进行模型的仿真分析与优化。

为了在更大的范围和更深的层次上推广 CIMS，迫切需要对已经积累下来的丰富经验加以总结，形成具有指导意义的企业建模与分析方法，并提供相应的符合中国企业特点的软件工具，为企业建模和实现基于模型的企业分析提供有效的可操作的工具，为企业的 CIMS 应用提供有力的支持。本文提出了一套集成化的企业建模方法，并给出了其系统体系结构以及基于 CORBA 的企业建模与优化工具系统的实施方法。

2. 企业建模方法的发展趋势

根据市场竞争对企业的发展提出的要求以及当前国内外企业建模与分析技术的现状，综合 CIMS 和计算机技术的发展趋势，企业建模与分析技术有以下发展趋势：

- 1) **对全企业范围和全生命周期的支持：**企业建模工具应该支持企业的全部应用范围和企业实施 CIMS 的全生命周期（需求分析、设计、实施、系统维护）；
- 2) **基于 CIM 参考体系：**企业建模方法与相应软件工具的建立在理论上需要有良好的 CIM 参考体系结构作为支持基础，CIM 体系结构指导建模框架和建模方法的形成，指导建模软件的设计与组建；
- 3) **集成化建模方法：**从建立多个独立的视图发展到集成化企业建模阶段，视图之间应该是一个有机结合的整体，需要发展一种集成的、以某一视图为主，以其它视图为补充的对企业进行全面建模的方法。
- 4) **加强分析功能：**在发展建模方法的同时，加强对模型的分析功能，通过系统化的仿真分析可以对所建立的企业进行功能、组织和过程的优化；
- 5) **采用模块化、层次化和可重用的建模软件系统结构。**
- 6) **充分利用已有的研究成果：**在研究和开发新的企业建模与分析方法时，充分利用已有的研究成果，这是快速、高效建立企业模型的有效手段；
- 7) **遵循已有的国际标准，采用开放的系统体系结构：**采用面向对象的软件设计开发方法与软构件技术，以保证系统有良好的可扩展性和软件模块的可重用性；
- 8) **实用性和方便性：**提高建模分析工具的实用性和方便性，可以促进建模工具在更大范围内进行推广应用；
- 9) **注重产品的设计开发过程：**当今企业的竞争在很大程度上取决于企业产品创新的能力，企业建模过程中，要充分注重产品设计开发过程的建模；
- 10) **方便的用户界面：**建模工具的用户界面采用 WEB 方式以统一用户界面风格，方便用户使用。

3. 集成化企业建模系统体系结构与建模方法

本文提出的建模系统体系结构是由生命周期维、视图模型维、通用性层次维组成一个三维立方体结构（图 1），该体系结构的各个侧面描述企业建模所涉及的不同阶段、不同视图和不同建模构件的通用性。

1) 生命周期维

在传统的 3 阶段生命周期的基础上，本文提出了从企业需求分析、系统设计、系统实施扩展到运行维护的 4 阶段建模方法。将传统的方法仅支持一次建模——实施过程的开环方式扩展成一个闭环的建模——实施——建模的循环过程，从而将企业模型从原来主要在

集成化建模方法两个非常重要的研究内容是模型的建立过程与生命周期的各阶段中视图模型之间的集成。以下以需求分析阶段为例，介绍本方法的建模过程和不同视图之间的集成方法。在需求分析阶段，根据企业的情况，首先建立组织模型、资源模型，对于每个组织单元和资源单元定义其 ID 号（OU-ID，RU-ID）。在参考组织结构的基础上，用 IDEF0 方法建立功能结构模型，对于最底层的功能单元增加定义其 ID 号（FU-ID）的属性项。由于在过程模型没有完成定义前，企业的活动、数据、控制流信息还没有建立，此时建立的组织模型中角色还不能进行定义。同样功能结构模型也主要反映企业的功能分解结构，其连接不同功能之间的控制流和信息流的关系还不能建立。

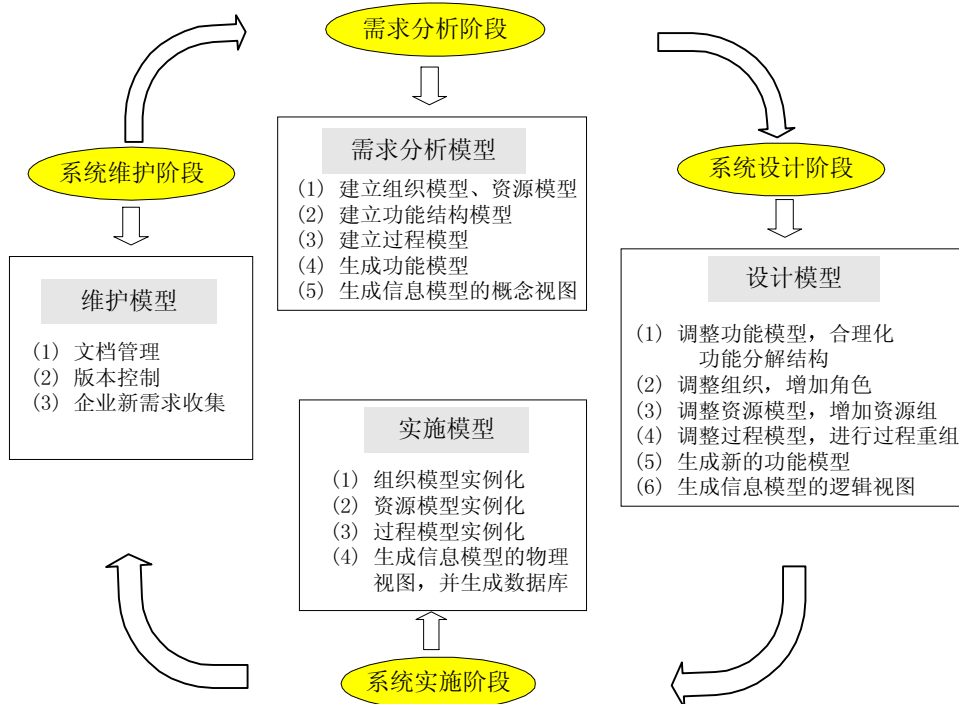


图 2 生命周期维结构

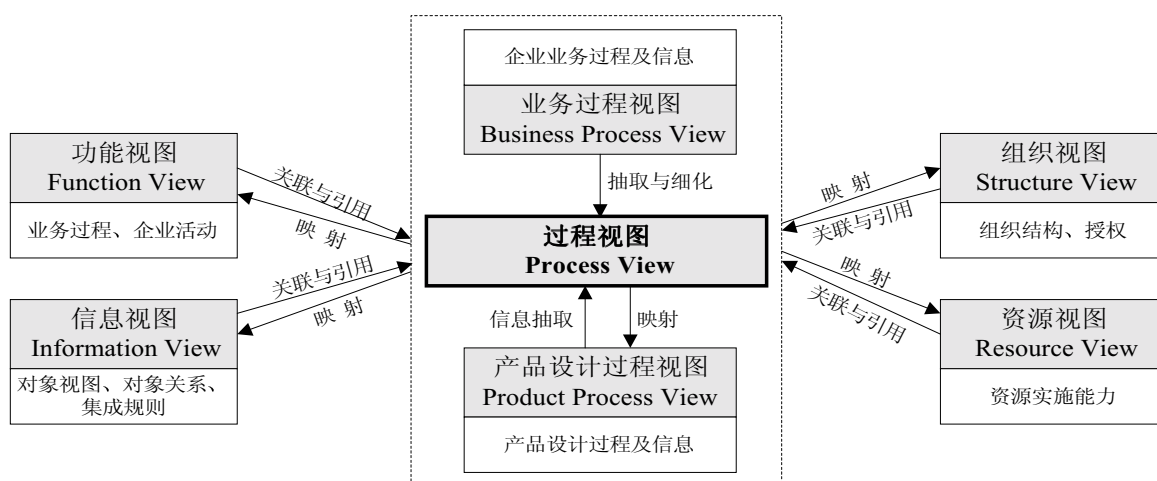


图 3 视图模型之间的关系

在上述 3 个视图模型建立完成后，开始建立过程模型。通过过程模型中的活动与组织视图、资源视图、功能视图进行集成。具体的集成方法是：在活动的属性定义中有 3 个为

实现集成而定义的数据项，它们分别是与组织视图关联的角色、与资源视图关联的所需资源、与功能视图最底层功能单元关联的活动配置项。每个活动中定义的角色通过浏览的方式定义它所处的组织单元，并在活动的这个属性中记录相应的组织单元的 OU-ID；同样可以完成过程视图中活动所需要的资源与资源视图中资源单元的连接，并在活动的属性中记录相应资源单元的 RU-ID；通过将每个活动分配到功能结构模型中的最底层的功能单元中，实现过程活动到功能单元的配置，并在活动属性中记录相应功能单元的 FU-ID。

上述步骤完成了企业需求分析阶段过程模型的创建及其对组织模型、资源模型、功能模型中相关属性的关联与引用。下一步需要实现过程模型到组织模型、资源模型、功能模型的映射以及信息模型的初步生成。

过程模型到组织模型、资源模型的映射相对来说比较简单，即在组织模型中增加过程模型中定义的角色增加到相应的组织单元，在相应的资源单元上标明需要使用该资源的活动名称和类型等基本信息，从而为设计阶段的建模提供进一步的信息。过程模型到功能模型的映射是将过程视图中所有活动之间的控制流和数据流（包括活动中定义的组织信息和资源信息）传递给功能模型建模工具，功能视图建模工具根据这些信息自动完成 IDEF0 模型中所有功能单元的输入、输出、控制与机制的定义，并完成功能单元之间的连接，从而生成初步的功能模型。由于功能模型自动生成工具有时不能够很好地区分控制和输入信息，因此在软件自动生成功能模型后，用户需要进行相应的修改和补充。

信息模型是在过程模型提供了活动的输入输出信息（包括具体信息的数据结构）后，由用户交互生成的，在需求分析阶段，仅需要生成信息模型的概念模型即可。以上叙述的仅是一个顺序的建模与集成过程，在模型初步完成后，用户需要进一步修改模型以完善需求分析。由于不同视图模型之间存在集成的关系，任何一个视图模型的改变都会引起其它视图的改变，模型的一致性就成为重要的问题。在本文提出的建模方法中，通过定义一个模型版本控制、视图关系管理的 Petri 网模型来维护模型的一致性。通过这个 Petri 网模型，在建模的任何一个阶段，用户修改任何一个视图模型而造成视图模型之间的不一致都会反映在用户界面上，而且为了维护模型的一致性，用户需要修改那些视图模型也会以建模指南的方式提示给用户。通过这种方法，本文提出的模型的一致性可以得到很好的控制。

3) 通用性层次维

进行高效快速企业建模的一个重要的有效方法是构建不同建模阶段、不同建模视图的基本构件，建立基本构件模型库，并以不同行业为背景建立企业参考模型，从而形成特定的企业模型。构建企业的参考模型是一个非常重要而又艰巨的工作，我们采用由粗到精、由浅到深、由特殊到一般的建立方法。具体来讲，一个行业参考模型的建立是在分析、总结几个企业业务流程的情况下，首先建立一个初步的行业模型，通过对这个模型进行一定的优化和重组，形成一个初步的参考模型。在以后的应用过程中，不断改进模型结构并细化模型内容，从而逐步形成具有较大指导意义的行业参考模型。

4. 基于 CORBA 的企业建模与优化工具系统

为了支持上述建模方法的应用，需要开发一个集成化企业建模与优化工具系统。图 4 给出了该系统的体系结构图。该系统采用 CORBA 软件总线 (Orbix for WEB) 及其服务为系统支撑环境，应用系统主要由建模工具、优化工具和实施工具系统组成。

建模工具系统是由建模环境和相应的视图建模工具组成的一个集成化系统。视图建模工具系统以过程视图建模工具为核心，功能视图、信息视图、组织视图和资源视图建模工具为辅助，并由模型映射与管理工具来实现不同建模阶段与不同视图模型之间的映射与一

致性维护。通过建立一个基于 CORBA 软总线的协同建模环境，采用面向对象的方法实现不同视图模型之间的集成和导航，利用对象之间的请求/服务方式来实现不同视图模型之间的动态连接，支持企业建模工具系统中不同视图模型之间的映射、不同建模阶段的模型之间的映射以及从通用模型到参考模型到专用模型之间的映射，并实现集成化的企业协同建模与仿真优化分析。

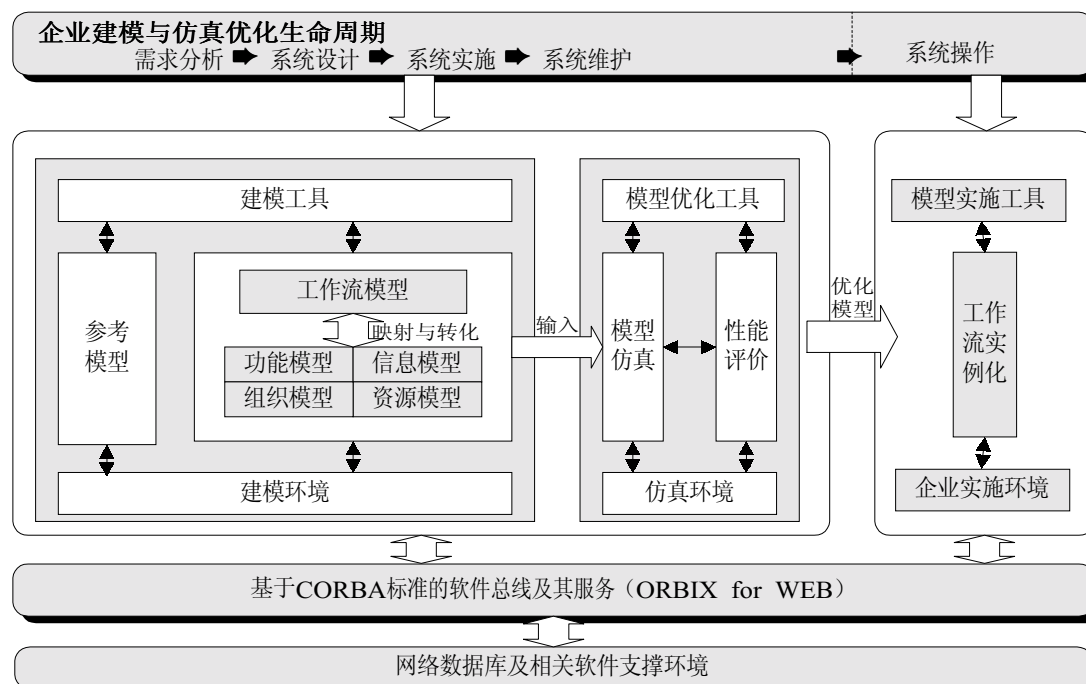


图5 集成化建模与仿真优化分析系统体系结构图

模型优化工具系统以 ORB 服务为支撑，包括集成化的仿真工具、仿真环境和企业性能评价体系。集成化仿真将仍以工作流模型为核心，将工作流模型映射为 Petri 网模型（工作流模型到 Petri 网模型的映射方法见 [6]），以 Petri 网为后台支撑技术，通过 Petri 网模型的运行来模拟工作流模型的运转，进一步实现对企业模型的仿真，为系统的分析与评价提供可靠的信息。在仿真的基础上，依据上述企业性能评价体系，建立描述企业运行的性能指标，如：时间（周期）、成本、设备（资源）利用率、瓶颈资源、优化方案/计划、设备空闲比、稳态性能等。通过对仿真结果进行分析，发现存在的问题，以 BPR、产品设计开发过程优化、制造过程优化和资源优化配置的思想进一步指导企业的改进和优化。

模型实施工具系统通过对工作流（过程）模型的实例化和执行服务实现对企业 CIMS 实施的支持，尤其是实现对部分需要进行过程集成的运行系统的支持。也可以通过实例化运行分析，对企业 CIMS 实施的不同方案进行比较，同时提供一个比较接近企业实际情况的模拟运行环境，为实施 CIMS 的技术人员提供直观的指导。

5. 结论

本文提出了集成化企业建模方法，给出了建模框架体系。设计了一个集成化企业建模与仿真优化工具系统，给出了其软件结构。所提出的集成化工具系统基于可重用软构件技术、采用面向对象方法进行开发，从而提高建模工具系统的柔性和适应性。在本文提出的集成化工具系统的基础上，结合我国不同行业企业实施 CIMS 的经验，通过深入理解和规范

化企业业务流程, 建立企业模型的通用构件, 并在此基础上建立企业参考模型。在建模工具和企业参考模型的支持下, 可以方便、快速地进行特定企业模型的建立工作。

参考文献

- [1] ESPRIT Consortium AMICE. CIMOSA: Open System Architecture for CIM [M]. Berlin: Springer-Verlag, 1993
- [2] T. J. Williams 著, 陈禹六等译. CIM 规划和实施的技术指南—Purdue 企业参考体系结构 [M]. 北京: 兵器工业出版社, 1993
- [3] August-Wilhelm Scheer. Architecture of Integrated Information System—Foundations of Enterprise Modelling [M]. Berlin: Springer-Verlag, 1992
- [4] Rodim van Es (Editor). Dynamic Enterprise Innovation: Establishing Continuous Improvement in Business [M]. The Netherlands: BAAN Business Innovation B.V., 1998
- [5] 陈禹六, 周之英, 裴少鹏等. IDEF0 及 IDEF1X 复杂系统通用的设计分析方法[M]. 北京: 电子工业出版社, 1991
- [6] 刘铁铭, 范玉顺. 基于工作流的企业过程的建模和仿真技术研究[J]. 将发表于清华大学学报(自然科学版), 2000年1月

Research of Integrated Enterprise Modeling Method and Tool Systems

Fan Yushun Wu Cheng

Dept. of Automation,
Tsinghua University,
Beijing 100084

Wang Gang

CIMIT Center, Harbin
Institute of Technology,
Harbin 150001

Gao Zhnag

Shenyang Institute of
Automation, Chinese Academy
of Science, Shenyang 110015

Abstract: The research of enterprise modeling methodology and the development of modeling tools have significant importance in promoting rapid and effectively implementation of CIMS. In this paper, the development trends of enterprise modeling are studied. On this basis, an integrated modeling method is put forward. The modeling framework and modeling processes are presented. An integrated modeling and simulation tool system is designed under the support of CORBA. In this paper, the life cycle of enterprise modeling is extended from traditional 3 phases open-loop process to 4 phases closed-loop iterative process. The workflow model (process model) is used as the core model of the enterprise model. The proposed method and designed tool have much importance in promoting the research of integrated modeling methodology and producing the modeling tool system that has Chinese software license.

Keywords: Enterprise model, Integrated modeling, Workflow, Simulation, CORBA