

# 基于并行工程的企业资源计划过程建模<sup>①</sup>

韩亚欣, 罗明宇, 谭跃进

(国防科技大学管理学院系统工程研究所, 长沙 410073)

**摘要:**在论述了企业资源计划以及基于并行工程的企业资源计划(CE-ERP)的基础上,描述了CE-ERP过程模型结构,重点分析了其任务对象企业供应链,采用全局协调与局部仿真相结合的方法建立企业供应链的模型,最后说明了模型的应用和优越性。

**关键词:**并行工程; 企业资源计划; 供应链; 多视图模型

**中图分类号:**F272

**文献标识码:**A

**文章编号:**1007-9807(2001)03-0025-05

## 0 引言

90年代出现的企业资源计划(ERP)是由70年代的制造资源计划MRP-II发展而来的,它是以计算机辅助管理为主线的生产经营管理模式,通过动态的计划管理使制造资源得到有效而充分的利用<sup>[1]</sup>。ERP的基本思想是把企业的业务流程看作是一个紧密连接的供应链,并将企业内部划分成几个相互协同作业的支持子系统,如财务、市场营销、生产制造、服务维护、工程技术等,可对企业内部供应链上的所有环节如订单、采购、库存、计划、生产制造、质量控制、运输、分销、服务与维护、财务、成本控制、经营风险与投资、决策支持及人力资源等有效地进行管理,从管理范围和深度上为企业提供了更丰富的功能和工具。在现代企业中,企业资源计划过程几乎对其所有过程都有着直接或间接的影响,而且,这种影响是一种决策、计划的影响。例如对于产品开发过程来说,产品开发的任务、工期、质量等由企业资源计划拟订,对于制造过程来说,更是要遵从各级计划安排,还有采购过程及财务过程等。虽然企业资源计划过程是如此重要,但是现有的ERP系统或软件都并不令人满意,原因是多方面的,包括其自身的机制、系统的设计等。在这方面,我们做了一些有

益的探索,将并行工程的理论与方法、基于并行工程的过程建模方法应用到企业资源计划过程,使其得到改进。

根据并行工程和企业资源计划的涵义,提出面向并行工程的企业资源计划(CE-ERP)的基本思想是:以企业的整体利益为目标,对企业供应链上的过程进行并行、一体化规划、决策的一种系统化方法,这种方法力图使企业的领导者、管理者、开发者等人员从一开始就考虑到企业供应链的全过程,包括从用户需求到售后服务的所有因素。它结合并行工程思想、企业管理理念、计算机技术等实现对企业利用的内部、外部资源进行综合运营。

本文采用多视图建模<sup>[2]</sup>的方法具体分析了CE-ERP过程,建立了它的过程模型。首先用多面向建模的形式化理论描述了CE-ERP过程模型结构,重点分析了其任务对象企业供应链模型,采用全局协调与局部仿真相结合的方法建立企业供应链的模型,最后说明了模型的应用和优越性。

## 1 CE-ERP过程建模

多面向建模是将在实验框架E下的多视图的实体结构树 $T_{ENI}$ 映射形成一个集成的多视图模型 $(T, m)_{ENI, E}$ ,即可以用自上而下的方法或自

收稿日期:1999-12-28;修订日期:2000-09-27。

基金项目:国家自然科学基金项目(60358100)。

作者简介:韩亚欣(1975-),女,辽宁人,硕士,讲师。

下而上的方法向各实体系统分派各模型和耦合方案,这种分派要符合离散事件系统规范.集成的多视图模型描述为

$$\text{tree}(M, C, H) = (T, m)$$

$$\text{层次约束: } N^i \rightarrow M \quad C \cdot H, N^j \rightarrow M$$

式中  $M$  是系统(子系统)的原子形式体系的集合.对于离散事件系统,  $M$  可以描述为,  $M = (X, S, \delta, \tau)$ ,  $T$  是一个有限树,  $N$  是  $T$  的节点集合;  $N = N^i \cup N^j$ ,  $N^i$  是树的叶节点集合;  $N^j$  是树的内节点(非叶节点集合).每一内节点的模型都可

由下一层的后继节点的模型组合而成,  $C$  是子节点连接关系的集合;  $H$  是内节点形式体系与其子节点结合模型之间的映射关系,该映射应是同构或同态的.  $m$  是  $T$  的节点上存在的映射关系,具体映射关系在约束中给出.

根据对 CE-ERP 过程的分析 and 实体结构树的描述,可以建立 CE-ERP 过程的实体-视图树如图 2 所示.通过简化算法 Prune,可以得到实体结构  $T_{E,T}$  如图 1 所示:

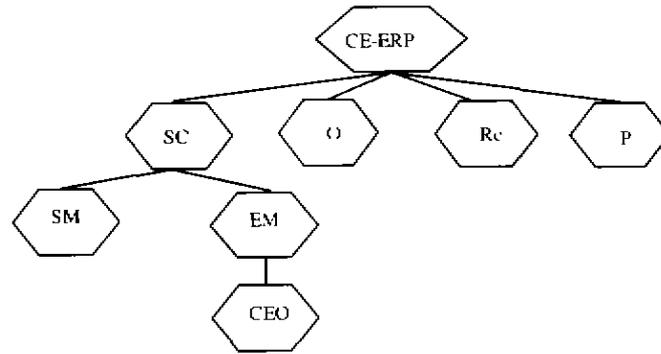


图 1 CE-ERP 的实体结构树

该实体结构树可以表示为

$$T_{E,T} = \text{CE-ERP}$$

$$\text{CE-ERP} = (\text{SC}, \text{O}, \text{Rc}, \text{P})$$

$$\text{SC} = (\text{SM}, \text{EM})$$

$$\text{EM} = (\text{CEO})$$

其中, SC、O、Rc、P 分别代表四视图对应的实体:任务对象、组织、资源以及功能流程.我们对任务对象企业供应链 SC 进行了分解,试图从协商和仿真两个方面对其建模,建立协商对策模型(Stackelberg Model, SM)和仿真模型(ER Net Model, EM).对于仿真模型的仿真实现,采用面向对象的仿真策略,将 ER Net Model 中的元素用对象的形式实现该对象称为 CEO.

## 2 企业供应链模型

ERP 提倡的企业供应链是使企业的上、下游之间互惠互利,利润共享.不仅包括企业内部,而且包括企业外部,如企业与供应商、企业与协作厂、企业与分销代理等等.这样的关系使得对企业的某些方案决策要考虑到多方面的利益,而这

些利益之间有着错综复杂的相互促进和相互制约的关系.我们提出的基于并行工程的 ERP 是希望企业供应链的上、下游能够以 Teamwork 的方式共同决策,作出计划与方案.在具体建模时,采用了全局协调与局部仿真相结合的方式,两者相辅相成,相得益彰.这是因为并行工程过程的最大特点是全局的协调与管理,而协调离不开对策略的评价和对未来的预测.计算机仿真为其提供了直接而有效的手段和途径.在对企业供应链进行建模时,除了建立起用于其全局协调的协商对策模型,还建立了其仿真模型,通过对协商对策模型的求解可以得到使企业供应链的上、下游都能最大程度满意的解,而通过计算机仿真可以正确地建立和求解协商对策模型.

### 2.1 协商对策模型

由企业供应链的特性来看,供应链上、下游之间属于多人多目标合作对策,所以称之为协商对策模型.在合作对策中,存在着主从对策问题和非主从对策问题<sup>[1]</sup>.将供应链的决策行为分为上游和下游,形象地可以说分为需方(DA)和供方(SA)两层,需方对供方提出要求,供方在这一前

前提下,表达自己的意愿,最终的决策结果是使供需方达到某种协调的方案,在这一方案下,既可使需方的目标达到最优,也可使作为需方“约束”的供方的目标在从属位置上达到最优.这样,CE—

ERP 就变成了供需方合作的决策问题.这种问题符合主从递阶问题的基本特征,因此可以采用主从递阶多目标合作对策的思想和方法来描述和解决该问题.

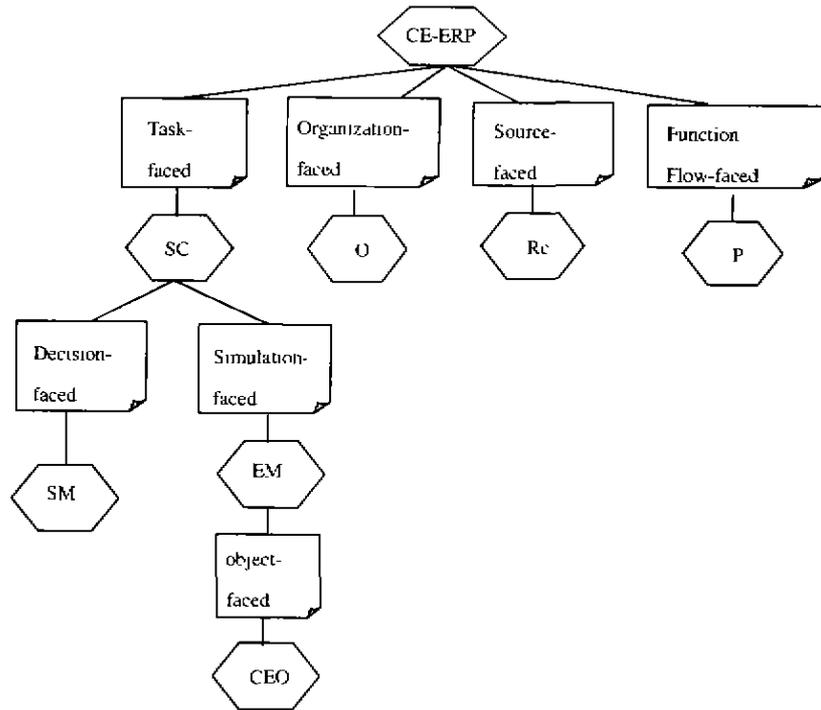


图 2 CE—ERP 的实体—视图树

问题模型为

$$\begin{aligned} & \max_{x_i} F_1^{(i)}(x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_p) = \\ & \max_{y_j} (f_1^{(i)}(x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_p), \dots, \\ & \quad f_1^{(i)}(x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_p)) \\ & \text{s. t. } (x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_p) \in \Omega, \\ & \max_{x_i} F_1^{(i)}(x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_p) = \\ & \max_{y_j} (f_1^{(i)}(x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_p), \dots, \\ & \quad f_1^{(i)}(x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_p)) \\ & \text{s. t. } (x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_p) \in \Omega, \\ & i = 1, \dots, q \quad j = 1, \dots, p \end{aligned}$$

其中,  $x_i, F_1^{(i)}, \Omega (i = 1, \dots, q)$  分别为需方第  $i$  个部门的决策变量、目标函数、约束集;  $y_j, F_1^{(j)}, \Omega_j (j = 1, \dots, p)$  为供方第  $j$  个部门决策的决策变量、目标函数、约束集; 在问题模型中, 需方决策者记为  $DAM_i, i = 1, \dots, q$  称为上层决策者, 供方第  $j$  个决策者记为  $SAM_j, j = 1, \dots, p$ , 称为下层决策者.

## 2.2 仿真模型

采用 Carlo Ghezzi 提出的用于实时系统的高级 Petri 网 ER Net 建立仿真模型, 时间戳 (timestamp) 成为库所的属性之一. 在 ER 网中, 它充分考虑了实时性的要求: 正确性不仅依赖于计算所产生的结果, 也依赖于这些结果产生的时间, 根据对并行工程过程的抽象, 将事件 (在 Petri 网中是点火) 分为三种事件: 一般性事件、突发事件和协调事件. 突发事件指人们事先没有安排而实时发生的故障或事件, 用  $\blacksquare$  表示, 协调事件有两种功能: 被动激发以解决突发事件; 主动调整以改变并行度, 用  $\blacksquare$  表示, 其它事件为一般事件, 用  $\square$  表示. 突发事件的协调如图 3 所示. 从图 3 中可以看出, 故障发生到协调方案的产生存在着响应时间, 若条件  $(P_2, \text{timestamp} : \text{deadline}) \wedge (P_4, \text{product} : \text{Request})$  为真, 说明协调方案产生过迟, 此时若按此方案组织生产, 将达不到时间要求, 突发事件将输出失败结果.

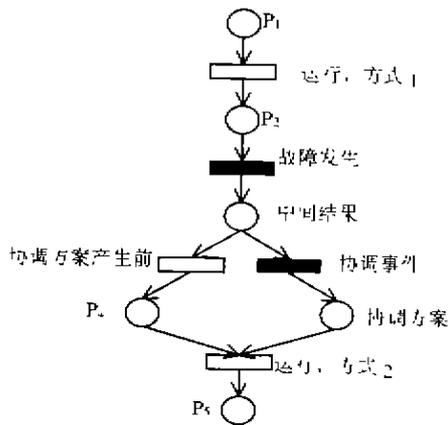


图3 突发事件的协调过程

### 3 应用

主生产计划是企业资源计划的内容之一,将以上模型和思想应用到主生产计划中,可以起到窥一斑见全豹的作用。从企业供应链的行为上看,主生产计划属于企业内部行为,传统的主生产计划由上游生产管理部门单方面制定,而基于并行工程的主生产计划应由上游生产管理部门和下游供应商、车间、库存和外协加工共同制定。其主从结构如下图4所示。主生产计划的协商对策模型为需方有一个部门,而供方有多个部门的两层决策模型。

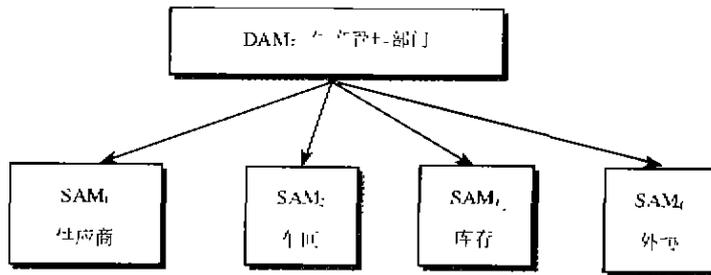


图4 主生产计划的主从结构图

因篇幅原因,主生产计划中的实例及仿真模型不能详述,具体可参见文[11],本文介绍其协商对策模型建模过程为

1) DAM 确定上层决策问题模型:定义变量订单的生产完成日期  $x_1$ ,则目标函数是使生产完成时间尽量接近交货期,表示为

$$f_1 = \min C \cdot (x_1 - 14)^2$$

$$C = \begin{cases} 1 & x_1 \leq 14 \\ 50 & x_1 > 14 \end{cases}$$

其中,C 是惩罚系数,约束为

$$x_1 \text{ 为整数}, 0 \leq x_1 \leq 20$$

2) SAM<sub>i</sub> 确定各下层决策问题模型,设有两个 SAM,分别表示供应部和生产制造部门的决策者,他们关心的是原料的采购期问题和制造工时问题。为简化起见,假设企业以前的生产任务都已完成,他们分别提出一个决策变量,物料 G 的到货期  $y_1$  和加工中心 20 的加班时间  $y_2$ 。利用仿真器可知,物料无限的情况下订单的完成时间为 11 天。同样运用仿真器和各自的知识,得到以下目标函数和约束。其中,SAM<sub>1</sub> 提出目标函数为能够得到

物料 G 的困难程度:

$$f_1^1(y_1) = \min Y_1(y_1)$$

$$Y_1(y_1) = \begin{cases} 0.9 & y_1 \leq 3 \\ 0.9 - (y_1 - 3) \cdot 0.1 & 3 < y_1 \leq 5 \\ 0.1 & y_1 > 5 \end{cases}$$

$$0 \leq y_1 \leq 10, \text{整数}$$

其中, $y_1$  是物料 G 的到货期, $Y_1(y_1)$  表示能够得到物料 G 的困难程度,对于供应部门来说,他们希望这种困难程度越小越好。

SAM<sub>1</sub> 对 DAM 提出的问题模型进行补充:

$$x_1 = 10 + m_1(y_1) \tag{1}$$

$$m_1(y_1) = \begin{cases} 1 & y_1 \leq 1 \\ 0.5 & 2 \leq y_1 \leq 5 \\ y_1 & y_1 > 5 \end{cases} \tag{2}$$

其中,式(1)表示 G 的采购期对生产完成时间的影响,而式(2)的数据由仿真结果得到。SAM<sub>2</sub> 提出的目标函数为车间工人对加班时间的满意度:

$$f_1^2(y_2) = \max Y_2(y_2)$$

$$Y_2(y_2) = 1 - (0.9 - 0.1) \cdot y_2/5$$

$0 \leq y_2 \leq 10$ , 整数

其中,  $y_2$  是物料 G 的到货期,  $Y_1(y_1)$  表示车间工人对加班时间的满意度, 对于生产制造部门来说, 他们希望这种满意程度越大越好。

SAM<sub>2</sub> 对 DAM 问题模型补充:

$$x_1 = 11 - y_2/2 \quad (3)$$

其中, 式(3)表示加班时间对生产完成时间的影响。

3) 集成各模型, 确立问题的协商对策模型为

$$f_{01} = \min C \cdot (x - 14)^2$$

$$x_1 = 11 - y_2/2 - m_1(y_1)$$

$$f_1^{(1)}(y_1) = \min Y_1(y_1)$$

$$f_1^{(2)}(y_2) = \max Y_2(y_2)$$

$$\max_j F_j = \max f_{0j}$$

$$\max_j F_j^{(1)} = \max_j f_j^{(1)}$$

$$\max_j F_j^{(2)} = \max_j f_j^{(2)}$$

4) DAM 与各 SAM 通过表达各自的满意度协商各自的目标, 完成问题模型的最优求解算法, 求解的结果稳定在如下结果:  $(x, y_1, y_2) = (15, 5,$

2) 表示生产完成为第 15 天, 物料 G 的采购期为 5 天, 工作中心 20 需加班 2 天, DAM, SAM<sub>1</sub>, SAM<sub>2</sub> 的满意度分别是 0.7, 0.6, 0.6。若不满意, 仍可继续交互协商。

## 4 结束语

研究结果表明, 基于 Petri 网的仿真可以迅速而有效地提供对企业资源计划的许多结果, 而企业供应链的协商对策模型的建立和求解对于科学地决策企业资源计划中的许多问题具有重要的作用。按照传统的 ERP 的计划模式进行计划和决策, 在遇到实际情况与原 ERP 的假定有出入时, 在保证计划不变的情况下, 往往会造成经济或其他方面的损失; 否则就会造成计划的“抖动”。若建立供需双方的协商对策模型, 可以得到令各方都尽可能满意的满意解。与传统的 ERP 计划方式相比, CE-ERP 具有一定的优越性。

## 参考文献:

- [1] 张列平主编. 制造资源计划:MRPII 原理与实践[M]. 上海:上海交通大学出版社, 1992, 1-48
- [2] Zeigler B P. Multifaced modeling and discrete event simulation[M]. Academic Press, London and Orlando, 1981, 22-56
- [3] 刘德铭, 黄振高编著. 对策论及其应用[M]. 长沙:国防科学技术大学出版社, 1994, 1-10
- [4] 盛昭翰. 主从递阶决策论[M]. 北京:科学出版社, 1998, 46-52
- [5] 袁崇义著. Petri 网[M]. 南京:东南大学出版社, 1989, 1-20
- [6] (法)潘旅家著. 人工智能的工业系统:生产的工具[M]. 中国友谊公司出版社, 1987, 8-31
- [7] 彭毅, 吴祚宝, 张珂殊, 熊光楞. 并行工程产品开发过程的建模方法学[J]. 系统仿真学报, 1996, 9(3):14-17
- [8] 彭毅, 郝力武, 熊光楞. 并行工程产品开发过程的广义模型[J]. 计算机集成制造系统, 1996, 9(3):13-16
- [9] 毛定祥. 企业资金流的有色 Petri 网模型[J]. 管理科学学报, 1998, 6(2):92-97
- [10] 郑明春, 张志栋, 张家重. ERP 中的能力平衡策略与辅助决策研究[J]. 管理科学学报, 1999, 3(11):92-95
- [11] Han Yaxin, Luo Mingyu, Tan Yuejun. The manufacturing management process modeling and simulation with petri net[C]. 第四届国际系统仿真与科学计算会议, BICSC'99, Beijing, 1999, 10:109-113
- [12] 谭跃进, 戴绍利, 韩亚欣. 并行工程:一种新的组织管理模式[J]. 系统工程, 1997, 1(1): 4-8
- [13] Han Yaxin, Tan Yuejun, Sha Hongbing. Modeling and simulation of the workshop scheduling for concurrent engineering[C]. International Conference on System Engineering, Beijing, 1998, 9, 436-438
- [14] 韩亚欣, 谭跃进, 沙红兵. 面向并行工程的生产管理过程的仿真与建模[J]. 系统工程理论方法与应用, 1998, 1(7):33-42