

企业过程模型的柔性模拟技术研究*

谭文安^{1,2,3}, 周伯生¹, 张莉¹

¹(北京航空航天大学 软件工程研究所, 北京 100083);

²(湖北农学院 计算机科学系, 湖北 荆州 434103);

³(浙江师范大学 计算机科学与工程学院, 浙江 金华 321004)

E-mail: watanofbuaa@263.net

http://cse.buaa.edu.cn

摘要: 简述了过程工程理论的基本原理, 给出了新的企业模型, 强调企业过程的模拟和运作关键在于如何根据其业务活动的前因后果, 在现有的基础设施保障系统的支持下, 由企业的管理与调度策略(协同行为)来控制企业过程的每个业务活动的执行顺序. 提出采用动态 PERT/CPM 技术来支持工程项目过程活动的协同行为控制. 从协同模型的建立、资源模型的改造与扩展、活动克隆技术的引入以及仿真钟的推进等多方面较详细地介绍了企业过程的柔性模拟技术, 并基于活动的 5 个状态的转变介绍了过程的柔性模拟算法步骤, 最后进行了简短的技术总结.

关键词: 企业过程模型; 模拟技术; 克隆技术

中图法分类号: TP311 **文献标识码:** A

过程模拟是对企业过程模型进行动态分析的重要手段, 是企业实施业务过程重组 BPR (business process reengineering) 的必要工具. 对于不同的行业, 企业过程的运作与管理具有不同的特点, 如医院、宾馆等服务行业与单件产品定制的机械加工等, 其运作机制是不同的. 以往的模型仿真系统都是针对某一具体行业进行研究的. 因此, 研究出一个企业建模系统, 既能有效地描述不同的企业过程, 又能针对其不同的行业特征, 采取确切的调度策略, 模拟控制活动的执行、资源的灵活分配, 这就是本文所要研究并加以解决的问题.

北京航空航天大学软件工程研究所研制的企业建模系统 EPMS (enterprise process modeling system) 以过程(企业业务流程)为枢纽, 从过程模型、基础设施模型、协同模型、行为模型和信息模型这 5 个方面全面刻画企业过程, 通过对其过程模型的模拟和优化来帮助企业实施 BPR^[1~3]. EPMS 于 1998 年 1 月通过专家鉴定, 并获得 1999 年度航空工业科技进步二等奖. 经过几年的不断推广应用, 我们根据实践的需要不断完善了 EPMS, 实现了根据企业过程的不同特征而模拟出企业过程的运作情况. 下面结合 EPMS 介绍过程工程的基本原理.

1 过程工程的基本概念与发展

1.1 基本概念

活动是在明确的需求目的(输出、结果)驱动下, 在所需资源的支持和一定的控制约束下, 从一

* 收稿日期: 2000-01-28; 修改日期: 2000-06-12

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(69803003)

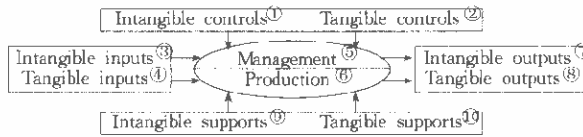
作者简介: 谭文安(1965—), 男, 湖北荆州人, 博士, 副教授, 主要研究领域为软件工程, 企业过程工程及其环境开发, 系统模拟与优化技术研究; 周伯生(1935—), 男, 江苏宜兴人, 教授, 博士生导师, 主要研究领域为软件工程, 软件过程, 过程工程环境研究; 张莉(1968—), 女, 四川人, 博士, 副教授, 主要研究领域为软件工程, 过程工程, CIMS.

定的前提条件(输入、前因)出发所进行的一系列行为劳动. 过程是由多个活动组成的偏序集. 适合软件开发的过程称为软件开发过程, 适合企业事务处理的过程则称为企业过程. 活动可分为人工活动、自动活动、批处理活动、自动批处理活动和组合活动. 组合活动是一组部分有序的活动, 又称为子过程, 其成员中可以包含组合活动. 因此, 企业过程可以定义为一个多层次的结构模型.

企业过程工程(enterprise process engineering)是指用系统工程的方法指导企业过程的开发和运作. 通常包括企业过程模型的定义、实例化、模拟和运作这4个阶段. 为此, 过程工程环境应该包括过程模型的建造环境、模拟环境和运作环境, 过程实例化在模拟环境中进行. 只有经过建造环境和模拟环境建模, 模拟和优化的过程模型才能交付运作环境正式运行, 在运行过程中接受实践的检验, 并通过研究用户的反馈, 继续动态地优化和完善企业过程模型.

1.2 扩充后的企业过程模型

任何企业过程都要经历从规划、设计、建造到使用的多次循环往复, 而每经过一次循环, 过程都将更进一步地优化, 这是一个螺旋前进的过程. 在分析和优化企业过程模型时必须遵循过程经济学的原则^[1]. EPMS 是基于 SADT(structured analysis and design technique)技术和 COMMOS(common sense management model for systems)模型发展出来的过程工程环境. 经过几年的应用与反馈, 我们扩充了企业模型, 为基础设施模型增加了资源行为, 便于在出现资源竞争时进行资源替换操作; 为过程模型的活动附上行为功能, 以实现定量计算与控制; 在协同模型中增加了协同行为, 描述企业的调度管理策略. 模拟算法就是根据协同行为来控制就绪活动的激活, 实现活动、资源的灵活调度, 从而有效地反映出不同行业的企业运作过程. SADT 模型如图 1 所示.

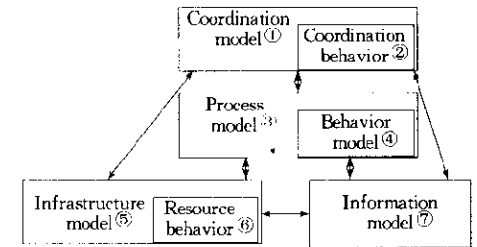


①无形控制, ②有形控制, ③无形输入, ④有形输入, ⑤管理, ⑥生产, ⑦无形输出, ⑧有形输出, ⑨无形支持, ⑩有形支持.

Fig. 1 Process model constructing based on SADT
图1 基于SADT的过程模型构造

企业过程的核心是业务活动, 整个过程的成本是执行各个活动所需支付的成本之和^[4]. 因此, 企业过程的模拟和运作关键在于如何根据其业务活动的前因后果, 在现有的基础保障系统下, 由企业调度策略来控制企业过程中每一个业务活动的调度与执行.

如图 2 所示, 企业模型可用五元组 $E_M = \langle P_M, B_M, F_M, C_M, I_M \rangle$ 来描述, 其中 P_M 表示过程模型(process model), 描述企业内部各业务活动的偏序, 包含这些活动的执行所要求具备的输入条件和所需的资源支持以及活动的调度控制和执行后所产生的输出结果. B_M 表示行为模型(behavior model), 描述企业模型中的活动行为、资源行为和协同行为. 行为模型的引入, 使我们不仅可以对过程模型进行定性的描述, 而且可以进行定量的计算. F_M 表示基础设施模型(infra-structure model), 描述企业机构及其所拥有的资源类型、数量、特征、结构、单位时间的花费以及分布情况. C_M 表示协同模型(coordination model), 描述企业的战略战术、经营政策和调度管理策略、企业之



①协同模型, ②协同行为, ③过程模型, ④行为模型, ⑤基础设施模型, ⑥资源行为, ⑦信息模型.

Fig. 2 Enterprise model frame
图2 企业模型的构架

C_M 表示协同模型(coordination model), 描述企业的战略战术、经营政策和调度管理策略、企业之

间的外部协作关系等。 I_M 表示信息模型 (information model), 描述企业过程中生产和消耗的原材料、中间产品、成品以及产品数据信息, 反映出物资供应链的信息。

2 柔性模拟技术研究

过程模拟环境能否柔性地模拟各种企业过程模型, 其关键在于协同模型, 它是企业的控制中心。在介绍模拟技术之前, 我们先介绍其支持技术——动态 PERT/CPM 技术。

2.1 动态 PERT/CPM 技术

由于企业过程在实施中存在着不确定性因素, 业务活动的持续时间也就具有不确定性。在模糊数技术引入网络计划管理之后, 出现了 PERT (program evaluation and review technique) 技术^[5]。活动的持续时间 D_k 采用一个最理想值、最常用值和最悲观值以及相应的隶属度来描述, 认为各个活动的 D_k 满足 β 分布, 最终评审系统时, 通过公式计算出的 D_k 仍为某一定值。因此, PERT 与 CPM (critical path method) 实质上是相同的, 都属于静态表述法。它认为当活动数较多时, 项目周期服从正态分布, 可直接计算其 μ, σ , 但并不能客观地、动态地反映实际情况的不确定性。我们根据实际需要, 参考模糊中心数定义^[6]和复数的表达形式, 定义了一种更加灵活的合成数 (确定数与不确定数合成), 以此描述过程模型活动的 D_k , 服从常量、正态、均匀等 6 种分布, 随着模拟过程的不断进行, 动态地计算出就绪活动最早/最晚开始时间, 支持协同行为调度算法控制活动的执行顺序。

2.1.1 合成数的定义

定义 1. 令 $x = a + bi$, 称 x 为合成数。其中 a, b 为实数, a 为 x 的中心确定数, b 为 x 在 a 附近的变化范围。 $i \in [-1, 1]$, 是一个不确定数, 称为合成因子, 其值视实际情况而定。

定义 2. 设有合成数 $x_1 = a_1 + b_1 i, x_2 = a_2 + b_2 i, \dots, x_n = a_n + b_n i$, 则

(1) 集合 $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 的上限也是一个合成数, $x = a + bi$, 记作 $x = \sup\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 。其中

$$a = \frac{\max(a_1 + b_1, a_2 + b_2, \dots, a_n + b_n) + \max(a_1 - b_1, a_2 - b_2, \dots, a_n - b_n)}{2},$$

$$b = \frac{\max(a_1 + b_1, a_2 + b_2, \dots, a_n + b_n) - \max(a_1 - b_1, a_2 - b_2, \dots, a_n - b_n)}{2}.$$

(2) 集合 $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 的下限也是一个合成数, $x = a + bi$, 记作 $x = \inf\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 。其中

$$a = \frac{\min(a_1 + b_1, a_2 + b_2, \dots, a_n + b_n) + \min(a_1 - b_1, a_2 - b_2, \dots, a_n - b_n)}{2},$$

$$b = \frac{\min(a_1 + b_1, a_2 + b_2, \dots, a_n + b_n) - \min(a_1 - b_1, a_2 - b_2, \dots, a_n - b_n)}{2}.$$

定义 3. 设有合成数 $x_1 = a_1 + b_1 i, x_2 = a_2 + b_2 i$, 则 x_1 与 x_2 的加、减法运算 (\pm) 满足:

$$x = x_1 \pm x_2 = a + bi, \text{ 且 } a = a_1 \pm a_2, b = b_1 \pm b_2, -\max\{i_1, i_2\} < i < \max\{i_1, i_2\}. \quad (1)$$

2.1.2 合成数的应用

活动 k 的持续时间 D_k 、最早开始时间 E_k 和最晚开始时间 L_k 用合成数表示为

$$\begin{cases} D_k = a_k + b_k i \\ E_k = e_{a_k} + e_{b_k} i \\ L_k = l_{a_k} + l_{b_k} i \end{cases} \quad (2)$$

其中, 合成因子 $i = \text{random}(-1, 1)$, D_k 的合成因子按活动定义分布特征 (常量、正态、指数等) 随机产生。运用加法运算规则和上限定义计算每个活动的 E_k 。单一前驱活动 E_k 的计算公式为

$$E_k = E_{k-1} + D_{k-1} = (e_{a_{(k-1)}} + a_{k-1}) + (e_{b_{(k-1)}} + b_{k-1})i. \quad (3)$$

有多个前驱($E_{k-1}, E_{k-2}, \dots, E_{k-j}$)活动的 E_k 的计算分两步进行,先按单一前驱情况,由 $E_{k-1}, E_{k-2}, \dots, E_{k-j}$ 分别求出所对应的最早开始时间 $E_k^1, E_k^2, \dots, E_k^j$,然后再求 $E_k = \sup(E_k^1, E_k^2, \dots, E_k^j)$.

找出过程模型中从开工到完工的所有路径,设共有 k 条路径,其最后完工事项的最早开始时间 $E^r = a_r + b_r i (r=1, \dots, k)$.

定义 4. 有集合 $A = \{E^1, E^2, \dots, E^k\}$,令 $a = \max\{a_r | a_r + b_r i \in A\}$, $b = \max\{b_r | a_r + b_r i \in A \text{ 且 } a_r = a\}$,则称 $A_1 = \{a_r + b_r i | a_r + b_r i \in A \text{ 且 } a_r = a\}$ 所对应的路径为静态时间关键路径,其静态周期为 a ,而称 $E = a + bi$ 所对应的路径为主关键路径.若存在 $A_2 = \{a_r + b_r i | a_r + b_r i \in A \text{ 且 } a_r - b_r \geq \sup\{E^j\}, j \neq r \text{ 且 } j=1..k\}$,则称 A_2 为绝对关键路径;若存在 $A_3 = \{a_r + b_r i | a_r + b_r i \in A \text{ 且 } a_r + b_r < a + b, a_r - b_r > a - b\}$,则称 A_3 所对应的路径为次关键路径,项目动态周期为 $E = a_r + b_r i$.

采用减法运算规则和下限定义计算每个活动的最晚开始时间 L_k .首先按上述方法求出 A ,仿真开始时 E_k 的 i 取 0,按静态周期 a 倒推出各活动的 L_k ,调度就绪活动;当仿真钟推进至 T_{clock} 时,当前就绪活动 E_k 的 $i = (T_{clock} - e_{a_k}) / e_{b_k}$,并以此分析求出 $E = a_r + b_r i$ 最大的动态关键路径,以 E 反推各个就绪活动的 L_k ,随着仿真钟的不断推进, i 和 L_k 则越来越精确.对于单一后继活动的 L_k ,计算公式如下:

$$L_k = L_{k+1} - D_k = (l_{a_{(k+1)}} - a_k) + (l_{b_{(k+1)}} + b_k)i. \quad (4)$$

对于多个活动共同的前驱活动 k, L_k 的计算分两步进行,先按上式由 $L_{k+1}, L_{k+2}, \dots, L_{k+j}$ 独立倒推出活动 k 的最晚开始时间 $L_k^1, L_k^2, \dots, L_k^j$,然后再由 $L_k = \inf(L_k^1, L_k^2, \dots, L_k^j)$ 求出 L_k .

2.2 协同模型的建立

协同模型描述企业的战略战术、经营政策和管理策略、企业过程内各业务活动之间的前因后果关系以及企业之间外部协作关系等.它可用如下表达式描述:

$$C_M = \{C_{rule}, C_{replace_res}, C_{interior}, C_{exterior}\}. \quad (5)$$

其中: C_{rule} 表示企业的战略战术、经营政策和管理策略,由建模师在协同模型的行为编辑器中选择标准库中提供的策略,或自定义策略; $C_{replace_res}$ 表示某资源短缺时用相关资源替换的关系; $C_{interior}$ 表示过程内各业务活动的先后关系, $C_{exterior}$ 表示企业的外部协作关系;在过程模型的定义过程中来确定.

本文基于 Project-Oriented 和 Stream-Like 两类性质的过程模拟机制进行研究,由其协同行为规则反映过程的行业特征.对于 Stream-Like 过程模型,一般主体上选择 FCFS(first come first service)规则,它适合解决服务业(如银行、医院、车站、证券等问题),如果主体上选择 MS 规则(minimum slack,即活动的松弛时间最小优先服务),则适用于模拟制造业 Flowshop 问题.对于 Project-Oriented 过程模型,如果主体上选择 LRPT(longest remaining processing time,即总剩余操作时间最长优先)规则,则适用于科研项目的模拟,而如果选择的是 MS 规则,则适用于技术比较成熟的工程项目,如建筑业和维修业.模拟算法步骤总体上是一致的,只是在活动由就绪状态向活跃状态转换时,资源分配与活动服务的先后顺序取决于协同模型的调度管理策略.它一般为几种策略的组合,其主次关系由所选策略的先后顺序确定.整个过程都基于无抢夺权 NOP(no preemption)服务方式.目前,本模拟系统已经提供 HPFS(highest priority first serve)规则、MS 规则、FCFS 规则、SIRO(service in random order)规则、SOT(shortest operation time)规则、LOT

(longest operation time)规则、LRPT 规则和 SRPT (shortest remaining processing time)规则这 8 种调度策略,最多支持四级策略混合调度.

2.3 后勤资源模型的改进与扩充

为了实现活动资源的柔性调度,我们对原来的基础设施模型进行了扩充,并增加了资源所关联的活动链以及不同类型资源之间的功能替换关系等结构,描述如下:

$$F_M = \{F_{type}, F_{num}, F_{character}, F_{cost}, \{F_{associate}\}, \{F_{distribute}\}\}, i=1, \dots, F_{total}.$$

其中 F_{type} 表示资源类型, F_{num} 表示同类资源的数量, $F_{character}$ 表示资源的特征, F_{cost} 表示使用资源每单位时间的花费, $\{F_{associate}\}$ 表示该资源所关联的活动链, $\{F_{distribute}\}$ 表示资源使用与分布情况.

$$F_{type} = \{\text{Role}, \text{Group}, \text{Machine}, \text{Location}, \text{Tool}\},$$

$$F_{num} = \{F_{total}, F_{available}\}$$

$$F_{character} = \{\langle \text{resource-behavior-rule} \rangle\} // \text{资源行为, 描述不同类型资源之间替换的等价关系}$$

$$F_{associate} = \{\text{AssociateNum}, \{\text{Activity_Oid}_i\}\}, i=1, \dots, \text{AssociateNum},$$

$$F_{distribute}^i = \{\text{No}_i, \text{Name}_i, \text{Department}_i, \text{AssignNum}_i, \{\text{Activity}_j, \text{Time1}_j, \text{Time2}_j\}\},$$

$$i=1, \dots, F_{total}; j=1, \dots, \text{AssignNum}_i.$$

过程模型模拟结束,检查 $F_{distribute}^i$ 即可获得各个资源的使用情况和利用率.

资源替换准则 $C_{replace_res}$: 在实现就绪活动 A 向活跃活动转换时,若 A 的资源需求得不到满足,可判断是否能用相关资源来代替,原则上不能影响其他活动对该资源的需求,不允许用低级资源代替高级资源.

本系统提供两种资源分配规则让用户选择.一种是资源匹配准则,即按活动就绪池顺序为每个就绪活动匹配资源,若该活动需要的多种资源有部分不能满足,则不分配任何资源给该活动.另一种是严格按照活动就绪池顺序优先分配并占有资源,对于活动需要多种资源支持的情况,有可能出现活动等待时间过多的现象,且要求解决就绪活动间资源剥夺问题.

2.4 克隆活动技术(activity cloning)

活动就绪的前提条件是活动的所有输入产品都满足.假设一个活动有 n 类产品输入, N_{input_i} 为第 i 类产品的输入个数, $N_{inputSuite}$ 为该活动的输入组数,则应满足:

$$N_{inputSuite} = \text{Minimum}\{N_{input_i}, i=1..n\}.$$

当活动定义为需要多种资源支持时,只有在活动对每种资源的需求数都具备的情况下,就绪活动才能转换为活跃活动.我们将引起一个活动执行的最小资源集合称为一个资源组.当一个资源组正在支持某一活动执行时,另外还有同类资源组可用,而此时该活动的所有产品输入组也满足活动执行的要求,则引起活动繁衍,产生克隆活动(activity cloning),也称为活动的隐式并行^[3].令活动 A 的可用资源组数为 N_{group} ,克隆活动处于就绪状态的个数为 $N_{readyClones}$,克隆活动处于活跃状态的个数为 N_{clones} ,若活动 A 不是批处理活动,则

$$N_{readyClones} = N_{inputSuite}; N_{clones} = \text{Minimum}\{N_{group}, N_{inputSuite}\}.$$

若活动 A 为批处理活动,则根据其具体定义,针对批处理活动的输入条件和资源要求情况,有定量处理、定时处理、定时且定量处理,或者定时或定量处理,其更具体的规定这里不再详述.克隆活动技术的引入,使活动的调度更接近于实际.

2.5 仿真钟的推进方法

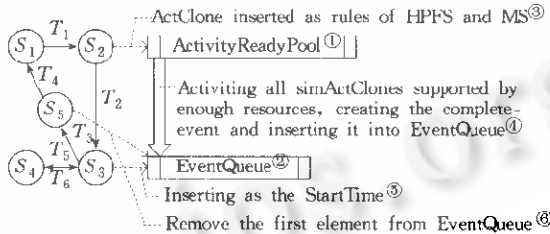
最常用的仿真钟推进方法是等步长推进法.它的优点是在模拟过程中以动画来显示每个活动

的执行时间比与定义的过程模型参数相符,比较形象化;缺点是在对大模型的模拟过程中,模拟时间太长,速度可能会让人无法承受,因为步长不能设置得太大.另一种仿真钟推进方法是未来事件触发法,即作者以未来事件队列为纽带,每移出一个未来事件,仿真钟就推进至其开始时间.这种方法的优点是能大大提高过程模型的模拟速度,缩短模拟时间;缺点是在动画模拟中不能准确地形象地描述各个活动的执行时间比.

在实践中,我们将两种方法结合起来,在过程模型的动画显示模拟中采用等步长推进法,在非动画方式下,模拟算法采用未来事件触发法实现仿真钟的推进.

3 柔性模拟算法步骤

EPMS1.0 版基于事件排队理论,按事件开始时间排队服务,采用先来先服务(FCFS)原则,对于同时到达的事件则采用 HPFS 原则,建立事件队列.每次响应队首事件,当出现资源竞争时,采用 HPFS 原则;当事件优先级相同时,则采用 FCFS 原则^[9,7,8].它比较适合于服务业过程的事务处理,对于制造业和技术成熟性 Project 过程的模拟则不能胜任.为此,我们改造了事件队列遍历处理程序,如果队首当前元素是就绪事件或连续几个都是就绪事件,则将其全部出队(注意,这时只产生相应的克隆活动,并将其按协同行中指定的策略插入活动就绪池 ActReadyPool),然后统一按指定的规则,顺序地为 ActReadyPool 中的就绪活动分配资源,如果资源足够支持当前的克隆活动,则移出,并产生活跃事件.由于活跃事件是一个过渡事件,则不必插入事件队列,直接处理,调用随机数生成器生成该活动的 D_k ,并产生未来的活动完成事件,按照 $T = T_{clock} + D_k$,顺序地插入 EventQueue 中;否则,该活动仍将留在 ActReadyPool 中等待资源.如果队首元素是其他类型的事件,则进行相应处理.例如完成事件,要进行该活动的成本计算,置输出产品有效,产生新的就绪事件入队,释放占用的资源等,如图 3 和表 1 所示.



①活动就绪池,②事件队列,③按优先级和松弛时间插入,④激活所有得到资源支持的就绪活动,产生完成事件,插入事件队列,⑤按时间顺序插入事件,⑥取出事件队列的队首元素.

Fig. 3 Activity states transfer process
图3 活动状态转移过程示意图

Table 1 The activity states and the conditions to implement activity states transfer

表 1 活动状态及其状态转移条件

States ^①	Illustrations ^②	Transfer conditions ^③	Illustrations ^④
S_1	Initilization ^④	T_1	When all input conditions are available ^⑤
S_2	Ready ^⑤	T_2	There are enough resources usable ^⑥
S_3	Activity ^⑥	T_3	When the output conditions are satisfied ^⑦
S_4	Suspense ^⑦	T_4	Create new dataflow events ^⑧
S_5	Complete ^⑧	T_5	Suspense is true ^⑨
		T_6	Suspense is false ^⑩

①状态,②说明,③转移条件,④初始,⑤就绪,⑥活跃,⑦挂起,⑧完成,⑨所有输入条件均有,⑩有足够的资源可用,⑪所有输出条件均满足,⑫产生新的数据流,⑬选中“挂起”,⑭选中“恢复”.

算法步骤如下:

- ① 初始化处理(初始化动态关键路径链、活动就绪池、未来事件队列、成本开销等)。
- ② 对于面向 Project 和制造业的过程模型,采用动态 PERT/CPM 技术求出动态时间关键路径和各个活动的最晚开始时间,分析出每种资源所关联的活动。
- ③ 当满足 T_i 时,转入就绪状态,产生就绪事件,处理就绪事件,将相应的克隆活动按协同模型中所定义的调度规则(协同行为)插入活动就绪池 ActReadyPool。
- ④ 采用活动克隆技术实现活动就绪池中的就绪活动向活跃活动的转换,可用资源数应减去该活动所占用的部分,并处理该活跃事件,产生的完成事件按时间顺序插入未来事件队列中。
- ⑤ 取出未来事件队列中的队首元素,仿真钟推进其开始时间,进行相应处理。若是完成事件,则进行成本汇总计算,释放所占用的资源数,产生输出并引发新的就绪事件;若是面向 Project 和制造业的过程模型,则采用动态 PERT/CPM 求其 L_i ,按调度策略要求调整活动就绪池顺序。
- ⑥ 若活动就绪池和未来事件链中还有元素,则转入第③步,继续处理;否则,退出循环。
- ⑦ 返回仿真时钟,即为过程模型的总周期。

4 结束语

本文通过在协同模型中定义协同行为规则来实现对过程活动的控制,从而使 PMSE 模拟算法能针对不同类型的过程模型实施柔性模拟。针对 Project 过程,本文采用合成数有效地表达出过程模型中活动的持续时间、计划最早与最晚开始时间的不确定性,更能客观地反映出实际情况,实现活动的动态 PERT/CPM 管理,支持协同行为调度算法控制活动的执行顺序。通过对同一过程模型实例进行多次重复性的模拟(for project)或足够长时间的模拟(for stream-like),可获得工程周期、成本的均值或方差,或产品等待服务时间、活动的服务速度、服务队列长度、资源利用率、单位时间内过程模型的成本等指标的均值与方差以及在置信区间内的概率分布,为企业过程模型的优化奠定了基础,对于企业进行 BPR 和开发 ERP 都有很重要的指导作用。

References:

- [1] Zhou, Bo-sheng, Xu, Hong, Zhang, Li. The principle of process engineering and introduction to process engineering environments. Journal of Software, 1997,8:519~534 (in Chinese).
- [2] Zhou, Bo-sheng, Zhang, She-ying. Visual process modeling language VPML. Journal of Software, 1997,8:535~545 (in Chinese).
- [3] Zhang, Li, Wang, Lei. Process simulation technique and its support environment PMSE. Journal of Software, 1997,8:565~575 (in Chinese).
- [4] Wiersema, W. M. Activity-Based Management. New York, AMACOM, American Management Association, 1995.
- [5] McChahon, C. S. Using PERT as an approximation of fuzzy projection-network analysis. IEEE Transactions on Engineering Management, 1993,40(2):146~153.
- [6] He, Xing-gui. Fuzzy Number Knowledge Process Theory and Technique. Beijing: National Defence Industry Press, 1994. 67~84 (in Chinese).
- [7] Raffo, D. M., Vandeville, J. V., Martin, R. H. Software process simulation to achieve higher CMM levels. The Journal of Systems and Software, 1999,46:163~172.
- [8] Zhang, Ji-hui, Xu, Xin-he. An efficient evolutionary programming algorithm. Computer and Operation Research, 1999,25: 645~663.

附中文参考文献:

- [1] 周伯生,徐红,张莉. 过程工程原理和过程工程环境引论. 软件学报,1997,8:519~534.
[2] 周伯生,张社英. 可视化建模语言 VPML. 软件学报,1997,8:535~545.
[3] 张莉,王雷. 过程模拟技术及其支持环境 PMSE. 软件学报,1997,8:565~575.
[4] 何新贵. 模糊数知识处理的理论与技术. 北京:国防工业出版社,1994. 67~84.

Research on the Flexible Simulation Technology for Enterprise Process Model*TAN Wen-an^{1,2,3}, ZHOU Bo-sheng¹, ZHANG Li¹¹(Software Engineering Institute, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China);²(Department of Computer Science, Hubei Agricultural College, Jingzhou 434103, China);³(College of Computer Science and Engineering, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China)

E-mail: watanofbuaa@263.net

<http://cse.buaa.edu.cn>

Abstract: The resource flexible scheduling is the key technique in process simulation. After the introduction to the process engineering theory, the architecture of a new enterprise model was given out, which emphasizes the key of process simulating on how to control the activities according to the schedule policies under the support of the infrastructure system. It was proposed that use dynamic PERT/CPM technique to support the cooperate behavior control rules in project-oriented processes. Flexible simulation technology was introduced through the discussion about cooperate behaviors for process model to the improvement of infrastructure model, and activity cloning technique which is used to support the hidden parallel process. The simulation algorithm was also introduced through the transforming of the five states of activity.

Key words: enterprise process model; simulation technology; cloning technical

* Received January 28, 2000; accepted June 12, 2000

Supported by the National Natural Science Foundation of China under Grant No. 69803003