

文章编号: 1000-6788(2005)12-0069-07

基于 IDEF3 的业务过程仿真模型的存储与获取

谢毅^{1,2}, 唐任仲¹, 缪亚萍²

(1. 浙江大学计算机与信息工程学院, 浙江 杭州 310027; 2. 浙江工商大学, 浙江 杭州 310035)

摘要: 模型的集成和重用是提高仿真建模效率的有效方法, 而模型的存储和获取是实现模型集成和重用的关键技术. 在研究基于 IDEF3 的业务过程仿真建模的基础上, 分析设计了相应的数据库概念模型, 实现了仿真模型在关系数据库中的存储及与描述模型在数据上的共享和集成. 然后, 重点研究了如何通过结构化参数化的查询从模型库中获取用户想要的特定仿真模型, 提出了综合考虑模型基本元素、基本模块、基本属性和整体结构的计算仿真模型相似性的算法, 并开发了相应的支持软件工具.

关键词: 业务过程建模; 业务过程仿真; IDEF3; 模型重用

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

Storage and Retrieval of Business Process Simulation Models Based on IDEF3

XIE Yi^{1,2}, TANG Ren-zhong¹, MIAO Ya-ping²

(1. Zhejiang University, Hangzhou 310027, China; 2. Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310035, China)

Abstract: The integration and reuse of models are the effective means to improve the efficiency of simulation modeling. Storage and retrieval of the models are the key technologies of integrating and reusing models. With investigating the methods of business process simulation modeling based on IDEF3, a database conception model was analyzed and designed so that the simulation models can be stored in a relational database and shared with mapping models. The methods how to retrieve a specific business process simulation model based on IDEF3 from a database was studied. A numerical algorithm for calculating simulation model similarity is proposed in which the basic elements, basic modules and total structure are taken into account synthetically. Finally, a supporting software package was developed.

Key words: business process modeling; business process simulation; IDEF3; reuse of models

1 前言

业务过程仿真(BPS)能获取业务过程的动态特性,研究各种不确定性因素对业务过程的影响,定量分析业务过程的性能、瓶颈,比较各种业务过程设计方案的优劣,从而为业务过程优化、决策提供支持^[1],提高业务过程重组(BPR)项目实施的成功率.然而,在BPR项目实施过程中,真正有效使用BPS的不超过20%^[2].其中的一个原因是仿真建模过程比较复杂,费时.尽管当前出现了一些图像化的仿真建模软件工具,如:ARENA, ProcessModel等,但它们都不支持业务过程模型的许多特征,与BPR中常用的一些静态建模方法(如IDEF)等缺乏有效的集成^[3],同时也不支持仿真模型的重用.因此在BPR中使用这些工具进行仿真建模时,用户常常会感到每次仿真建模都需要从头再来,都是一次彻底的设计^[4].这在一定程度上限制了它们在BPR领域的广泛使用.解决这个问题的方法是实现业务过程的静态描述模型和仿真模型在数据库技术上的数据集成和共享,同时实现模型的重用功能.而这种方法的关键是集成业务过程描述和仿真模型的存储设计与查询获取技术.

收稿日期:2004-10-26

资助项目:浙江省教育厅资助(20041343)

作者简介:谢毅(1975-),男,浙江大学博士研究生,浙江工商大学讲师,主要研究领域:过程管理及企业信息化.唐任仲(1961-),男,工学博士,浙江大学教授,博士生导师.

本文在研究基于 IDEF3 的业务过程仿真建模的基础上,针对仿真模型的存储、获取和重用,分析设计了相应的数据库概念模型,提出了仿真模型相似性算法,并开发了相应的支持软件工具。

2 基于 IDEF3 的业务过程仿真建模

IDEF3 中有两个描述方法^[5]:过程流描述(PFD)和对象状态转化网描述(OSTN)。其中 PFD 是 IDEF3 建模方法的核心。其基本建模元素包括:行为单元(UOB),交汇点,连接。IDEF3 是一种结构化、图形化的面向交流和理解的过程建模方法,易于掌握,使用简单、方便。同时又具有严格、清晰、明确的句法,对模型描述不存在歧义,建立的模型也易于理解、交流和维护,因此其在业务过程建模中得到了广泛的应用,但基本上是静态的建模方法。要使其能支持 BPS,还缺乏一些仿真所需的必要信息,因此为了生成基于 IDEF3 的业务过程仿真模型,必需对 IDEF3 建模方法在保持其传统优点下进行适当的扩充改进。

2.1 扩充元素

1) 业务过程仿真中最常用是离散事件系统仿真方法。在离散事件系统仿真中一个重要的概念是动态实体。而 IDEF3 中没有相应的元素用来描述动态实体,因此扩充一个新的元素:开始点,用来定义动态实体和描述其到达的时间分布、批量、优先级等,同时显式地描述业务过程模型的入口。图形如图 1 所示。



图1 开始点



图2 资源



图3 资源调用

2) 业务过程仿真通常需要评价、分析资源的利用率,所以在 IDEF3 中扩充一个新的元素:资源,图形如图 2 所示,其中资源副本是为了方便图形化建模而提出的表示资源实体的一个副本,它的所有属性值与其对应的资源实体相同,一类资源只有一个实体,但可以有多个副本。资源分成两种:消耗性资源和非消耗性资源。

3) UOB 可以使用资源,为了以显式的图形化方式显示 UOB 与资源之间的调用关系,定义一种新的关系联接:资源调用,用于表示 UOB 执行时所需的资源及数量。图形如图 3 所示。

2.2 元素属性的定义

IDEF3 对建模元素的详细描述主要通过 UOB、交汇点的细化说明(参照物)和连接说明文档等用自然语言的方式来补充。为了方便计算机对模型的存储和获取,通过定义结构化、参数化的元素属性值替代自然语言的方式来进一步补充描述业务过程模型,以使其能支持 BPS。

1) 开始点需定义的主要属性有:实体编号、实体名称、到达时间间隔分布、到达实体总数、每次到达的批量,第一个实体到达时间、优先级等。

2) UOB 需定义的主要属性有:UOB 编号、UOB 名称、活动持续时间分布等。

3) 顺序连接需定义的主要属性有:连接编号、开始点、结束点、百分比(表示连接的后续 UOB 在其前续 UOB 结束后触发执行的概率)、条件(表示连接的后续活动发生要满足的条件)等。交汇点后顺序连接中的百分比/条件属性值在进行仿真时可用来选择/确定其后执行的过程分支。

4) 资源分消耗性资源和非消耗性资源两种。消耗性资源需定义的主要属性有:资源编号、资源名称、资源数量、单位成本、到达方式(用于表示是自动连续型还是事件/条件触发型),到达时间间隔分布、到达批量分布等;非消耗性资源需定义的主要属性有:资源编号、资源名称、资源数量、单位成本、可得率等。

5) 资源调用需定义的主要属性有:调用编号、UOB 编号、资源编号、调用数量、优先级等。

6) 交汇点需定义的主要属性有:交汇点编号、交汇点类型、逻辑关系等。

由于在顺序连接属性中增加了百分比/条件的定义,IDEF3 中的连接可简化为一种:顺序连接。“或交汇点”的功能可以由“与交汇点”、顺序连接的百分比/条件和“异或交汇点”的组合使用来实现。故交汇点类型可减少至:扇入型同步与、异步与、异或和扇出型同步与、异步与、异或等 6 种。经过扩展后的 IDEF3 建模方法增加了仿真所需的一些模型信息,称之为 E-IDEF3,用该方法建立的仿真模型能生成可执行的仿真程序(在我们开发的集成业务过程描述和仿真支持软件工具中已实现了由计算机自动把 E-IDEF3 模型转换成可执行的 GPSS 仿真程序,由于如何转换不是本文的讨论重点,故省略)。

3 模型的存储

3.1 数据库分析设计

在上一节中研究了基于 IDEF3 的业务过程仿真建模,并对组成模型的所有元素进行了结构化和参数化的描述.基于模型的结构化和参数化,便可实现把仿真模型存放在关系数据库中.下面对存储仿真模型的数据库进行分析设计.

若把 E-IDEF3 建模方法中的每一个建模元素看成一个实体,同时遵循模型和数据分离的建模原则,把顺序连接、开始点、资源、活动、交汇点、UOB 的数据从模型中分离出来,由此借助 PowerDesiner 可以得到集成业务过程描述和仿真支持软件工具的系统数据库概念模型(E-R 图),如图 4 所示.由这个概念模型借助 PowerDesiner 可方便地在各种数据库管理系统中建立存储仿真模型的物理数据库,在此基础上我们开发了集成基于 IDEF3 的业务过程描述和仿真的支持软件工具.

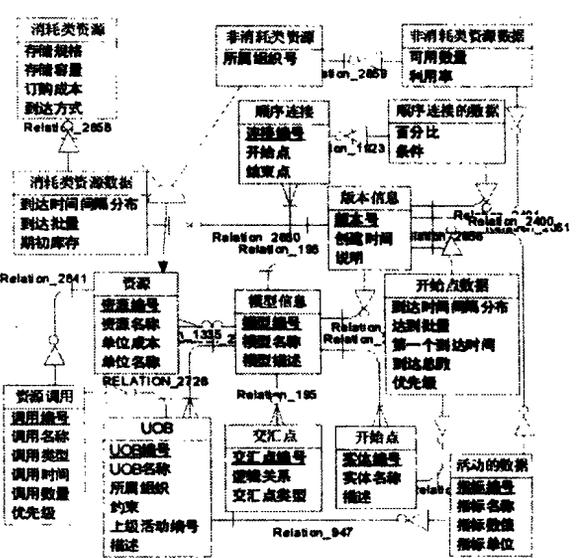


图 4 集成业务过程描述和仿真支持软件工具的系统 E-R 图

3.2 存储实例

一个订单处理过程的 E-IDEF3 模型如图 5 所示,这个模型在关系数据库中的存储如表 1~12 所示.

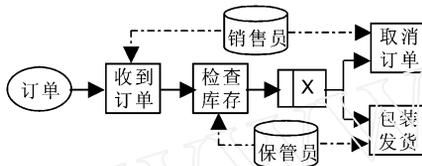


图 5 订单处理过程的 E-IDEF3 模型

表 1 Model

MdlID	Name	...
M001	订单处理	...

表 2 Edition

MdlID	EdtID	...
M001	E001	...

表 4 Activity

MdlID	ActvID	Name	...
M001	A01	收到订单	...
M001	A02	检查库存	...
M001	A03	取消订单	...
M001	A04	包装发货	...

表 6 Jiont

MdlID	JntID	Lgc	Type
M001	J01	异或	扇出

表 3 NonConRsrc

MdlID	NonConRsrcID	Name	...
M001	NR01	销售员	...
M001	NR02	保管员	...

表 5 Start

MdlID	StrID	Name	...
M001	S01	订单	...

表 7 UsOfRscr

MdlID	EdtID	UsOfRscrID	ActvID	RscrID	Qty	Prtv	...
M001	E001	UR01	A01	NR01	1	1	...
M001	E001	UR02	A02	NR02	1	1	...
M001	E001	UR03	A03	NR01	1	2	...
M001	E001	UR04	A04	NR02	1	2	...

表 8 Link

MdlID	LnkID	BgnID	EndID
M001	L01	S01	A01
M001	L02	A01	A02
M001	L03	A02	J01
M001	L04	J01	A03
M001	L05	J01	A04

表9 DtOfActv

MdlID	EdtID	ActvID	DtID	Name	Value	Unit	...
M001	E001	A01	D01	执行时间	N(10,2)	分	...
M001	E001	A02	D01	执行时间	U(5,1)	分	...
M001	E001	A03	D01	执行时间	U(2,1)	分	...
M001	E001	A04	D01	执行时间	N(30,8)	分	...

表10 DtOfLnk

MdlID	EdtID	LnkID	Prcntg	...
M001	E001	L01	1	...
M001	E001	L02	1	...
M001	E001	L03	1	...
M001	E001	L04	0.05	...
M001	E001	L05	0.95	...

表11 DtOfNonConRsrc

MdlID	EdtID	NonConRsrcID	Qty	RtOfAvbl
M001	E001	NR01	1	1
M001	E001	NR02	3	1

表12 DtOfStr

MdlID	EdtID	StrID	DstrbOfArvl	BcthOfArvl	...
M001	E001	S01	N(9,4)	1	...

4 模型的获取

在上一节已讨论了如何实现基于关系数据库的一个 E-IDEF3 模型的存储. 通常在数据库中包含着大量的这种模型 (DEMO 或用户自己建立的). 为了实现模型的重用, 接下来要解决的问题是: 如何从这些已存储在数据库中的大量的模型中获取用户想要的特定模型?

4.1 查询策略

采用三层查询策略^[4]: 元素查询、路线查询和具体参数查询, 如图6所示.

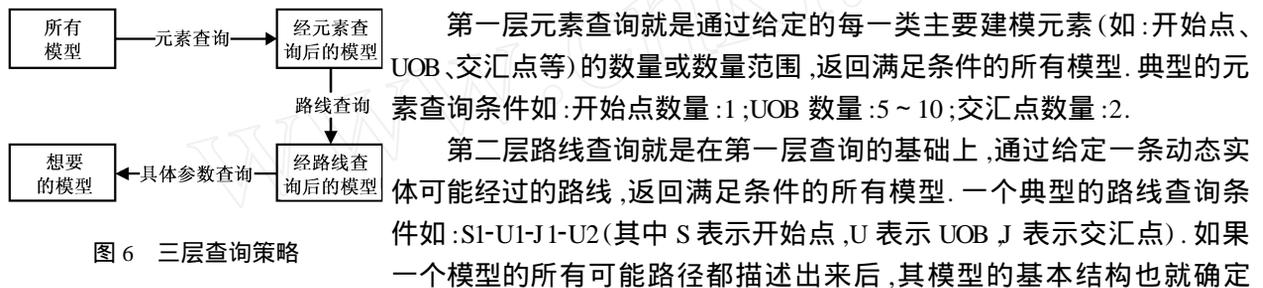


图6 三层查询策略

了.

第三层具体参数查询就是在前两层查询的基础上, 通过给定某些特定元素具体参数的值或范围, 返回满足条件的所有模型. 一个典型的具体参数查询条件如: 开始点的到达分布为均匀分布 (U), 均值范围为: 5 ~ 10, 方差为 2.

4.2 模型相似性算法

通过以上三个层次的查询后, 用户通常会遇到返回的结果集是空的情况. 那么, 接下来的问题是: 尽管在数据库中不存在着严格满足其条件的仿真模型, 那么是否存在着相似的模型呢? 对于这个问题可以通过设计一些算法, 计算比较模型间相似程度的方法来解决. H. de Swaan Arons 等提出了一个针对 ARENA 仿真模型的计算两个模型间距离 (相似性) 的算法^[4,6], 但这个算法更关注于模型基本组成模块/元素的相似性, 而没有考察模型整体结构的相似性. 同时算法中提出的当找不到相同元素时, 设置对应的距离为最大值, 但由于其定义的距离值的范围是一个无穷区间, 算法中又没有明确提出这个最大值应是多少, 如何设置, 因此当找不到对应元素进行比较时设置这个最大的距离值有一定困难. 下面提出一个即考虑组成模型基本模块/元素的相似性, 又考虑模型整体结构的相似性的算法体系, 同时在这个算法体系中, 通过归一化距离 (相似性) 的值, 解决了没有对应元素可比较时最大距离值的设定问题.

在给出具体算法前, 先给出有关元素和基本模块的距离计算公式和有关最大公共结构子模型的概念.

如果 E_i 和 E_j 是两个类型相同的基本建模元素, P_{ik} 和 P_{jk} 分别是 E_i 和 E_j 的可计算参数值 (属性值), 为非负, 那么元素间的距离定义为:

$$D_e(E_i, E_j) = \sum_{k=1}^n w_{ek} \frac{|P_{ik} - P_{jk}|}{(P_{ik} + P_{jk})}, \tag{1}$$

式中 w_{ek} 是参数的权重, $\sum_{k=1}^n w_{ek} = 1$.

如果公式(1)中 P_{ik} 或 P_{jk} 的值为空,那么定义 $\frac{|P_{ik} - P_{jk}|}{(P_{ik} + P_{jk})} = 1$. 显然有: $0 \leq D_e(E_i, E_j) \leq 1$.

另外若 E_i 和 E_j 为不同元素,或其中之一为空(没有对应元素),那么定义它们之间的距离为最大,即: $D_e(E_i, E_j) = D_e(\text{空}, E_j) = D_e(E_i, \text{空}) = 1$.

E- IDEF3 模型的基本模块结构可以分成三种:顺序、扇出、扇入结构,如图 7~9 所示.

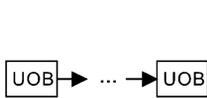


图 7 顺序模块

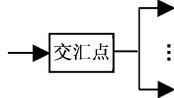


图 8 扇出模块

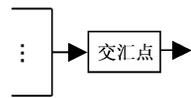


图 9 扇入模块

如果有两个类型相同的基本建模模块 B_i, B_j , 它们的基本元素分别为 E_{ik} 和 $E_{jk}, k = 1, \dots, n$, 那么模块间的距离定义为:

$$D_b(B_i, B_j) = \sum_{k=1}^n w_{bk} D_e(E_{ik}, E_{jk}), \tag{2}$$

式中 w_{bk} 是参数的权重, $\sum_{k=1}^n w_{bk} = 1$.

显然有: $0 \leq D_b(B_i, B_j) \leq 1$.

结构模型是指仿真模型的整体框架,而不涉及其具体的数据(试验框架). 因此,一个仿真模型的结构模型可由 UOB、交汇点、连接、开始点等四类建模元素来描述. 如果一个结构模型 M 满足以下两个条件:1) 是仿真模型 M_1, M_2 的结构模型的子集;2) 包含的元素个数是最多的. 那么我们称结构模型 M 是仿真模型 M_1, M_2 的最大公共结构子模型.

例如,有如图 10 所示的两个 E- IDEF3 模型(因为元素的属性值,资源、及资源调用的信息与结构模型无关,故在模型中没有表示出来),那么它们的最大公共结构子模型如图 11 所示.

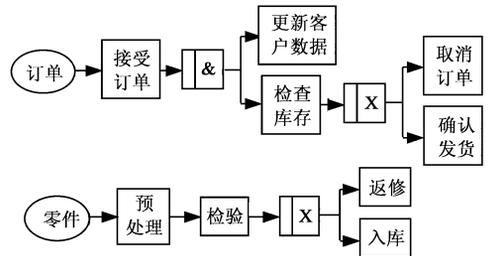


图 10 两个 E- IDEF3 模型 M_1 和 M_2

在最大公共结构子模型的基础上,定义模型 M_1 和 M_2 间的结构距离为:

$$D_s(M_1, M_2) = 1 - \frac{2e}{e_1 + e_2}, \tag{3}$$

式中 e_1, e_2, e 分别是 M_1, M_2 的结构模型和它们的最大公共结构子模型 M 的元素数量.

显然有: $0 \leq D_s(M_1, M_2) \leq 1$.

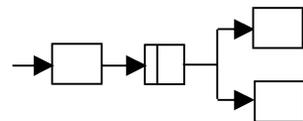


图 11 模型 M_1 和 M_2 的最大公共结构子模型

下面分别给出基于元素、模块和整体结构的模型相似性算法,用计算框图表示,分别见图 12、图 13 和图 14. 其中,基于元素的模型相似性算法侧重于考虑模型基本元素及其属性的相似性,基于模块的模型相似性算法侧重于考虑模型基本组成模块及它们属性的相似性,基于整体结构的模型相似性算法则侧重于考虑模型整体结构的相似性. 由此可以得到综合考虑模型基本元素、基本模块、基本属性和整体结构的计算仿真模型相似性的算法:

$$C(M_1, M_2) = w_e C_e(M_1, M_2) + w_b C_b(M_1, M_2) + w_s C_s(M_1, M_2) \tag{4}$$

式中 w_e, w_b, w_s 是权重,且 $w_e + w_b + w_s = 1$.

显然 $0 < C(M_1, M_2) < 1$, $C(M_1, M_2)$ 值越大, 模型 M_1 和 M_2 越相似.

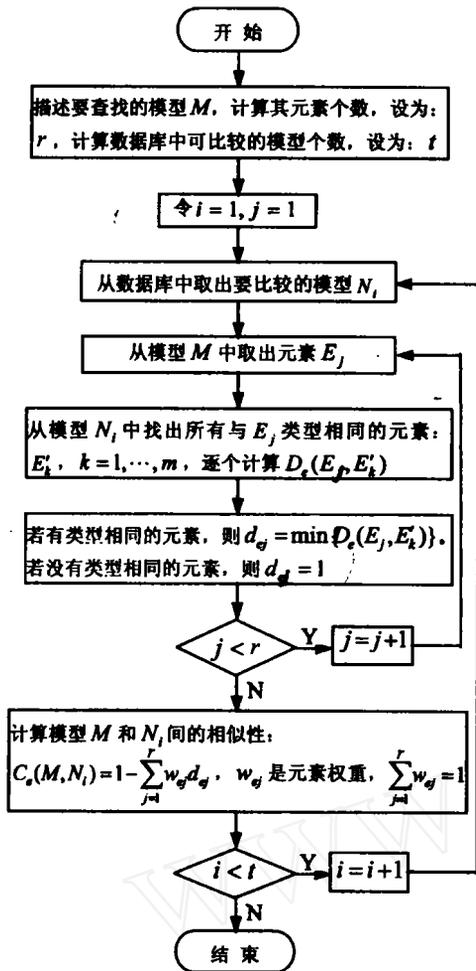


图 12 基于元素的模型相似性算法的计算框图

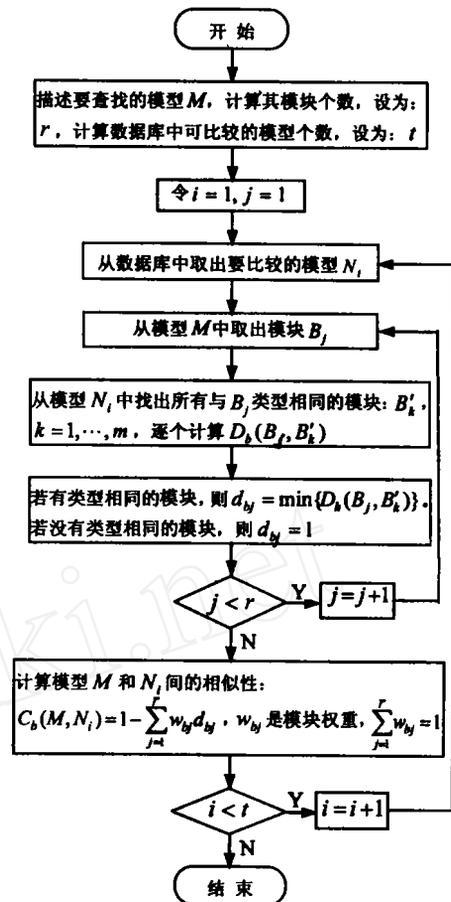


图 13 基于模块的模型相似性算法的计算框图

基于以上策略和算法,在已开发的集成基于 IDEF3 的过程描述和仿真支持软件工具中实现了模型的查询/获取功能,界面如图 15 所示. 用户可通过支持工具软件提供的这个模型查询功能,方便地从数据库中查找到与其想要的模型相似的模型,从而重用这些相似模型快速高效地建立自己想要的仿真模型,提高了仿真建模的速度、质量和可靠性,降低了仿真建模成本.

5 结论

本文提出的基于 IDEF3 的业务过程仿真建模方法及设计的模型存储方法,实现了业务过程描述模型和仿真模型在基于关系数据库技术上的数据集成和共享. 从而可以使用户利用企业现有的大量 IDEF3 过程描述模型方便快捷地生成仿真模型,同时提出的模型获取技术,可使建模者从数据库现有的大量仿真模型中找到与其想要的模型完全匹配或相似的模型,有利于实现模型的重用,从而大大减少了业务过程仿真模型的开发和维护成本,提高了描述模型和仿真模型的一致性及仿真建模的质量和可靠性,为 BPS 在 BPR 项目中的广泛应用奠定了基础.

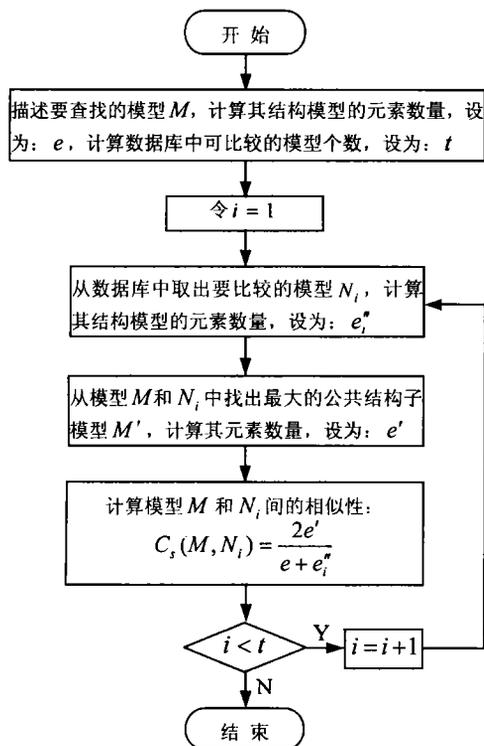


图 14 基于整体结构的模型相似性算法的计算框图



图 15 模型查询界面

参考文献:

[1] Xie Yi, Tang Renzhong. Research on event-driven process simulation technology based on OMT[J]. China Mechanical Engineering, 2004, 15(12): 1069 - 1072.

[2] Paul R J, Hlupic V, Gagli G M. Simulation modelling of business processes[A]. Proceedings of the UK Academy for Information Systems 1998 Conference[C]. Lincoln: 1998, 4: 311 - 320.

[3] Charles R. Harrell, Kevin C. Field. Integrating process mapping and simulation[A]. Proceedings of 1996 Winter Simulation Conference[C], California. 1996, 12: 1292 - 1296.

[4] H. de Swaan Arons, Boer C A. Storage and retrieval of discrete-event simulation models[J]. Simulation Practice and Theory, 2001, 8(8): 555 - 576.

[5] Chen Yuliu. IDEF Modeling Analysis and Design Methods[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1999.

[6] H. de Swaan Arons, Boer C A. Retrieving parameterized simulation models from a database[A]. Proceedings of the Eurosim 2001 Simulation Conference[C]. Delft, The Netherlands: 2001.