第 34 卷 第 3 期 计 算 机 工 程 2008 年 2 月
Vol.34 No.3 Computer Engineering February 2008
·软件技术与数据库· 文章编号：1000—3428(2008)03—0062—04 文献标识码：A 中图分类号：TP391

基于知识和规则的企业工程元方法学

嵇文路，夏安邦
(东南大学电气工程系，南京 210096)

摘 要：提出一种基于知识和规则的企业工程元方法学，在该元方法学的每个步骤和决策过程中可以参考相关的企业体系结构、方法学、建模框架、参考模型、建模语言、建模工具等建模知识库以及这些建模知识的应用规则库。工程实例验证了上述思想与方法的可行性。
关键词：建模知识；应用规则；元方法学；企业工程

Enterprise Engineering Meta-methodology Based on Knowledge and Rule

JI Wen-lu, XIA An-bang
(Dept. of Electrical Eng., Southeast University, Nanjing 210096)

【Abstract】 This paper proposes an enterprise engineering meta-methodology based on knowledge and rule which can consult relevant enterprise architecture, methodology, modeling framework, modeling language, modeling tool knowledge and their applying rule in modeling knowledge warehouse in each of its decision process. Engineering instance proves the feasibility of this meta-methodology.
【Key words】 modeling knowledge; applying rule; meta-methodology; enterprise engineering

1 概述

扩展企业、虚拟企业、动态联盟是目前主要的几种网络化企业组织形式，敏捷性是它们最重要的一个组织特征。企业工程一直是网络化企业的一个重要研究领域，一些主要的企业体系结构包括 CIM-OSA, GRAI, PERA, GERAM, FEAF, TEAF, DoDAF, TOGAF, ARIS 等，这些企业体系结构明确或者隐含地拥有各自的方法学、建模框架、参考模型、建模语言、建模工具等组件。以往的研究往往集中于某种具体的企业体系结构及其组件的应用方法，但是对如何选择合适的企业体系结构及其组件，快速地设计、建立、部署实施网络化企业工程，从而满足其敏捷性的需求一直是被忽略的研究问题。

针对这些不足，本文提出了基于建模知识和规则的企业工程元方法学，其重要工作就是快速地评价、比较、选择正确的体系结构框架以及建模框架、建模语言、建模工具等构成组件，从而使其能适用于特定的企业工程项目。为了达到这样的目的，有必要将这些体系结构框架及其建模框架、建模语言、建模工具等组件的具体特征、适应范围、优缺点作为知识和规则保存起来，以备使用者在决策时参考。

2 基于知识和规则的企业工程元方法学

2.1 思想来源

企业工程元方法学建立的思想来源是欧盟的研究项目 UEML(Unified Enterprise Modeling Language)IST-2001-34229)[1]，UEML框架建立在GERAM[2], Zachman以及OMG元对象设施的基础上，共包括 4 个维，其中 3 个维和GERAM相同，也就是生命周期维、视图维、实例化维，而第 4 个维是建模工程领域组件维。建模工程领域组件维的建立参考了MOF元层次的概念(见图 1)，它也包括 4 个层次，每 2 个层次之间是一个企业工程环境，分别是方法学工程环境、企业工程环境、企业操作环境。

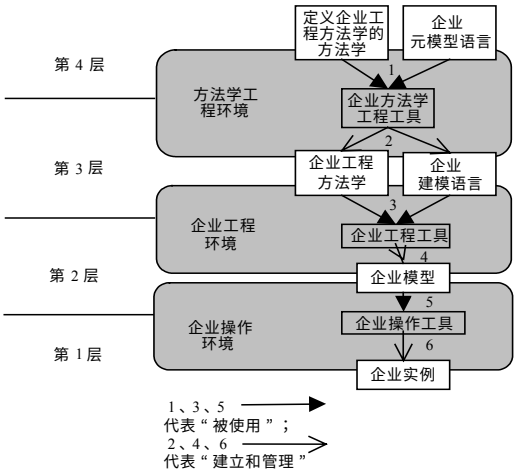


图 1 UEML 框架的建模工程领域组件维

2.2 概念框架及主要步骤

UEML 框架的建模工程领域组件维在元层次上指出了企业工程活动的具体方法和步骤，也就是“what to do”，但是它并没有指出这样做的原因(why do it)以及如何去做(how to do)，而利用建模知识和这些知识的应用规则可以指导企业工程元方法学各步骤的决策活动，从而实现 what to do→ why do it→ how to do 这样一个完整的决策过程。受到 UEML 框架的建模工程领域组件维的启发，本文初步设计了一个基于建模知识和规则的企业工程元方法学，其概念框架见图 2。

作者简介：嵇文路(1974－)，男，博士研究生，主研方向：企业信息化；夏安邦，教授、博士生导师
收稿日期：2007-03-29 **E-mail：**hyjwl@sina.com

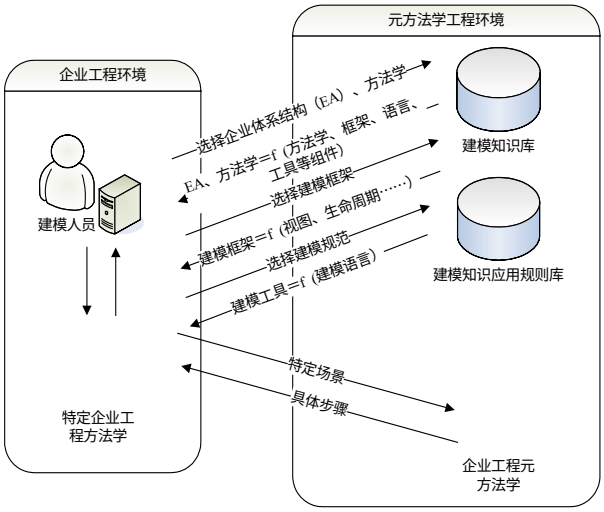


图 2　企业工程元方法学的概念框架

企业工程元方法学的主要步骤如下：

(1)进行业务场景分析，这些工作包括分析业务战略、商业机遇、业务驱动能力。初步分析建模工作的需求、建模目的等，这项工作的目的是为下一步体系结构框架和方法学的选择提供帮助。

(2)根据具体的建模需求选择或者建立合适的体系结构框架和方法学。如果知识库中已有的体系结构框架和方法学能够满足建模活动的需要就直接使用它，如果不能满足需要，可以集中各种不同体系结构和方法学的优点，从而建立自己的体系结构框架和方法学。

(3)根据已经选择或者建立的体系结构框架和方法学从建模知识库中选择合适的建模框架和参考模型。如果建模知识库中没有合适的建模框架和参考模型可以被直接使用，就需要改进已有的，甚至建立自己的企业建模框架和参考模型。在建模框架选择或者建立的过程中应该根据实际情况选择需要建立的视图。

(4)根据已经确定的体系结构框架、方法学和建模框架，利用适当的规则从建模知识库中选择合适的建模语言。如果已有的建模语言不能够满足特定领域的建模需要，可以拓展已有建模语言，必要时还可以建立新的建模语言。一些建模语言提供了一种拓展机制，比如 EPC 可以通过定义个性化的建模符号来拓展它形成 eEPC 语言，UML 语言也可以通过 MOF 或者 UML profile 来扩展 UML。根据已经确定的建模语言选择合适的建模工具。

(5)企业工程进入具体建模工作阶段。

(6)企业工程建模工作阶段总结出来的经验也可以提炼成知识并且充实建模知识库。

以上(3)~(6)的工作是可以反复进行的，也就是说可以先针对特定的视图进行建模语言和建模工具的选择，接着进行建模活动，然后再针对另外一个视图进行建模语言和建模工具的选择，接着进行建模活动，如此反复直到建模活动结束。

3　企业建模知识库的主要内容

企业建模具有一定的重复性，不同项目中建立的模型可能具有很大的相似性，由此提出了对建模知识的重用以及提高企业建模的工作效率和质量的需求，这就涉及到对企业模型知识的归纳总结，需要引入相应的知识提炼和分类机制，建立有效的企业模型知识管理和应用规则。本文中企业建模知识库按照企业体系结构及其组件被设计为企业体系结构知识库、企业工程方法学知识库、企业建模框架知识库、企业参考模型知识库、建模语言知识库、建模工具知识库等几个部分。

3.1　企业体系结构建模知识的表达

企业体系结构知识库内包括各种企业体系结构总体目标、输入需求、输出结果方面的属性信息：(1)企业体系结构总体目标反映了企业体系结构的基本目标和特征属性，其具体的属性包括体系结构的定义、方法学支持、建模框架支持、参考模型支持、演化支持、基于标准、知识仓库支持、可验证性；(2)输入需求反映了企业体系结构设计时应该满足的输入条件，比如业务驱动力、技术驱动力、业务需求、信息系统环境、现有体系结构等；(3)输出结果反映了企业体系结构设计结束后可能产生的结果，比如业务模型、功能模型、信息模型、组织模型、计算模型、软件配置模型、软件过程模型、部署模型、系统变迁设计、设计原理等；(4)根据具体的建模工作需求，工程人员还可以对企业体系结构设定其他具体的评价属性和选择需求。这些属性信息的属性值可以是文字说明，也可以是布尔值，即明确的(有)、隐含的(有)、无。

3.2　企业方法学建模知识的表达

企业方法学知识库内包括各种方法学的名称、适用领域、适用范围、是否要专用工具支持、具体步骤，每一具体步骤又有具体的目标、方法、子步骤、输入条件、输出结果、设计原理等，利用 pseudo-code 描述的企业方法学知识如下：

```
Element_ name:string {
      Type:set:string
      Applying_Domain: set:string
      Proprietary_Tool_needed: Boolean
      Steps: set:string
Design_ principle: set:string {
     Objective: set:string
     Appraoach: set:string
     Detail_steps: set:string
     Input: set:string
     Output: set:string
…}  }
```

3.3　企业建模框架知识的表达

企业建模框架知识库内包括各种建模框架的维度信息、生命周期信息、视图信息、透视层次、实例化层次、是否可拓展等，它们的属性值可以是文字说明也可以是布尔值：

```
      Element_ name:string {
      Type:set:string
      Dimension: set:string
      Lifecycle_phase: set:string
      Views: set:string
      Perspective: set:string
      Instantiation: set:string
      Expandable: Boolean
…     }
```

3.4　企业建模语言知识的表达

建模语言知识库内包含各种建模语言的名称、类型、适用范围、相似语言、是否是集成语言(基于同一元模型)、是否属于一个语言家族、该语言家族名称、建模工具名称、替代工具、输入条件、输出结果等，建模语言的描述格式为

```
Element_ name:string {
      Type:set:string
      Applying_Domain: set:string
```

Similar_langguage: set:string
Family: Boolean
Family_name: set:string
Integrated:Boolean
Tool_name: set:string
Substitute_tool: set:string
Prerequisites: set:string
Outcomes: set:string
…}

3.5 企业建模工具知识的表达

建模工具知识库内包含各种建模工具的名称、能够使用的语言、能够建立的模型、建模工具是否专有、建模工具的使用价格、建模工具的学习和掌握难度、建模工具的使用效率等：

Element_ name:string {
Type:set:string
Applying_langguage: set:string
Able_model: set:string
Proprietary: Boolean
Piece: set:string
Learning_difficulty:(high/medium/low)
Efficiency: (high/medium/low)
…}

4 企业建模知识的应用规则库

企业工程元方法学的实施通常要面临一系列决策或者选择过程，比如选择什么样的建模方法学，选择什么样的建模框架，选择哪一种或哪几种建模语言，选择什么样的建模工具等。总而言之，就是如何利用在知识库中积累的各种体系结构组件相关的建模知识。这一系列选择或者决策过程中必须利用到各种规则，这些选择规则以知识的形式保存在建模规则库中，对于不同的体系结构组件具体规则如下。

4.1 企业体系结构和方法学的应用规则

(1)规则 1：被选定企业体系结构总体目标、输入需求、输出结果方面的特征信息应该能满足具体建模活动的需求。

(2)规则 2：方法学的适用领域、适用范围、输入条件、输出结果需要满足建模需求，比如 ARIS 建模方法学适用于工业工程领域、DoDAF 方法学适用于国防军事领域，如果用 ARIS 建模方法学直接为国防军事领域工程进行建模显然不太合适。

(3)规则 3：如果没有完整的企业体系结构和方法学可以直接利用，可以集中各种不同体系结构和方法学的优点，建立自己的体系结构框架和方法学。比如 TOGAF 在建模方法学和支持工具上有其优点、FEAF 在建模框架的表现能力上有其优点、MDA 在软件系统的开发、测试、部署上有其优点，如果需要就可以集成 3 种企业体系结构的优点来为具体的企业工程活动服务。

4.2 企业建模框架的应用规则

在建模框架选择或者建立的过程中应该根据实际情况以及规则选择需要建立的视图，通常来说这些视图包括过程、功能、信息、决策、资源、组织、行为、绩效、经济、文化、技术、基础设施、项目管理等。具体应该考虑以下规则：

(1)规则 4：如果有建模框架可以直接利用就优先适用它，如果无建模框架可以直接利用则优先考虑可拓展的建模框架，比如 FEAF, ZACHMAN, GERA 等是可拓展的建模框架，ARIS, DoDAF 等是不可拓展的建模框架；

(2)规则 5：企业建模所处的生命周期阶段不同，所需要建立的视图也不同，比如根据 GERA 建模框架在定义和概念阶段不需要建立完整的功能、信息、技术等视图；

(3)规则 6：根据建模的目的不同所需要建立的视图和生命周期阶段也不同，如果建模仅仅是为了模拟或者实现基于模型的控制，往往不需要建立技术和基础设施视图，也不需要进行详细设计、实施阶段的工作；如果建模的目的是为了具体企业工程的实施，那么技术、基础设施、项目进程甚至绩效等视图都可能需要建立；

(4)规则 7：建立特定的视图需要满足一定的前提条件或者先后顺序，例如功能视图建立之前需要先建立业务过程视图等；

(5)规则 8：针对不同的视图通常会有一些针对不同应用领域的参考模型可以利用，比如技术参考模型、业务参考模型、信息参考模型等，尽量利用这些参考模型。

4.3 企业建模规范的应用规则

GERAM 明确指出了建模语言的选择标准：(1)企业应选择一套能明确表达模型框架中每个视点(view)或各阶段产品的建模语言；(2)如果逻辑上需要，模型中的每个视点必须有效连接其他视点，如，企业信息模型、功能模型、资源模型在逻辑上是紧密联系的，建模语言应该能体现这一点；(3)建模语言必须基于可靠的本体(有特定语义规则的元模型)。

建模工具的选择标准如下：(1)通过仿真来对分析和评价企业模型提供支持；(2)支持协同设计；(3)提供用户使用指南以及体系结构开发过程指南；(4)正向和逆向工程能力；(5)提供所有参考模型、设计描述和模式、设计文档的共享知识库。

参考这些标准，笔者结合企业工程的实践，建立了如下建模语言和建模工具的选择规则：

(1)规则 9：选择语言的表现力强、最能够满足建模的功能需要的建模语言，比如要建立决策模型应该考虑 GRAI Grid，功能建模应该考虑 IDEF0、UML 顺序图、UML 活动图等；

(2)规则 10：优先考虑属于一个语言家族的建模语言，比如功能建模使用的语言是 IDEF0，信息建模就可以优先选择 IDEF1X；

(3)规则 11：优先考虑是集成语言(具有统一元模型)的建模语言，因为这样容易保证模型的一致性，比如 UML 就是具有同一元模型的建模语言家族；

(4)规则 12：优先考虑有建模工具支持的建模语言，有些建模语言尽管非常适合建模活动，但是往往会利用无法获得的专用建模工具；

(5)规则 13：建模工具容易获得并且使用成本要尽量低；

(6)规则 14：尽量使用建模工程师熟悉的建模语言和工具，如需选择新的建模语言或者工具，它必须易学易掌握；

(7)规则 15：所有的这些基本规则只是一种参考，因为具体的建模工具和语言选择过程中还必须考虑建模人员的具体习惯和偏好，也必须考虑具体的建模场景。

这些规则是从相关工程实践中总结出来并可以指导具体企业工程的实施，当然这些规则也需要被工程实践提炼出来的知识不断地发展、变化、扩充。

5 示例

限于篇幅，这里以元方法学的步骤(4)建模语言选择工作为例：根据已经确定的企业体系结构、方法学和建模框架，利用建模规则从建模知识库中选择合适的建模语言。

假设已经选定的企业体系结构和方法学是 GERAM，建模框架是经过拓展并包括业务流程、组织、资源、功能、信息视图的 FEAF 建模框架，在系统建模生命周期的需求分析阶段已经使用了 GRAI Grid, GRAI Nets, ARIS 组织结构图等建模语言，在初步设计阶段的功能建模已经选用了 IDEF0 语言，现在需要确定初步设计阶段的信息建模需要选用的建模语言。

根据规则 9，建模语言应该能够满足建模的功能需要。参考建模语言知识库，可以知道信息模型的建模语言主要有 IDEF1X、UML 类图、ER 图、ARIS Info，这些建模语言在评价选择时需要考虑的属性见表 1。

表 1 评价选择时需要考虑的属性

	IDEF1X	UML 类图	ER 图	ARIS Info
应用领域	信息建模	信息建模	信息建模	信息建模
是否有家族语言已被应用	是(IDEF0)	否	否	是(ARIS 组织结构图)
是否集成语言	否	是	否	是
专用建模工具	ERWin, SmartER	Rational Rose	无	ARIS Toolset
通用(替代)建模工具	无	Visio 等	Visio 等	无
建模工具	可获得	可获得	可获得	无法获得
学习掌握难度	容易	容易	容易	容易
个人偏好或者熟悉程度	熟悉	熟悉	熟悉	不熟悉

在上述 4 种建模语言中，ARIS Info 的建模工具 ARIS Toolset 无法获得，首先被排除。其他 3 种建模规范选择时从其属性中选择适当的评价指标分别设定相应权重，根据规则 10~规则 14 对各项评价指标打分，最终的建模语言选择结果是 IDEF1X，选用的建模工具是 ERWin，如表 2 所示。

表 2 建模语言与指标权重

	指标权重	IDEF1X	UML 类图	ER 图
是否有家族语言已被应用	0.3	0.3	0.0	0.0
是否集成语言	0.2	0.0	0.2	0.0
建模工具获得难度和使用成本	0.2	0.2	0.2	0.2
学习掌握难度	0.1	0.1	0.1	0.1
个人偏好或者熟悉程度	0.2	0.2	0.2	0.1
总计	1.0	0.8	0.7	0.4

6 结束语

要完善该企业工程元方法学，必须经过大量的工程实践来证明其可行性和正确性，实例验证阶段得出的结果可以用来不断修改、更正和完善目前建立的企业工程元方法学，同样在工程实例阶段获取的各种建模知识也应该不断地反馈并且充实现有的企业建模知识仓库。总而言之，任何理论都是一个不断实践、建立、完善、再实践、再完善的循环往复发展过程。笔者在参与江苏省电力公司工程物资管理系统改造项目中，利用了本文提出的方法和步骤大大加快了系统的设计进度，收到了较好的效果。

参考文献

[1] Graisoft-computas. Report on the State of the Art in Enterprise Modeling[EB/OL]. (2005-05-21). http://www.ueml.org.

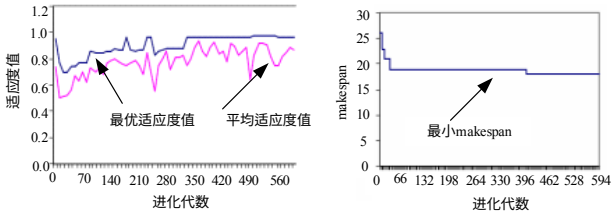
[2] ISO/TC184. ISO15704: Industrial Automation Systems Requirements for Enterprise-reference Architectures and Methodologies [EB/OL]. (2000-03-04). http://www.cit.gu.edu.au/~bernus/taskforce/geram/versions/geram1-6-3/v1.6.3.pdf.

（上接第 45 页）

3 实验分析

基于自适应选择的遗传算法优于传统的方法，实验取得了较好的结果。实验随机生成实验数据[5]，算法中主要参数设置如下：交叉率 P_c=0.9，变异率 P_m=0.05，迭代次数 *NumofIteration*＝600，种群大小|*P*|＝20，任务数|*V*|=150，处理机数|*M*|=10, *SR*=0.7, max*SelPress*=5。

图 7(a)显示了种群适应度值的进化过程，上面的曲线代表每一代中种群最好的个体适应度值，下面的曲线代表每一代中种群的平均适应度值。图 7(b)显示了同图 7 (a)同样过程中的进化跨度时间，最小跨度时间仅能从合法的调度序列中得出：从图 7(b)中可以看出，开始时合法的序列只能零星的被发现，随着时间的推移，合法的序列被持续的发现，最小跨度时间稳步地降低。这是因为开始时搜索范围较大，随着时间的推移，可行解发现的越来越多，搜索范围越来越小，最后甚至达到了直接搜索。



(a)适应度随进化代数的收敛曲线　(b)makespan 随进化代数的收敛曲线

图 7 种群进化适应度函数和 makespan 仿真实验结果

4 结束语

本文提出了一种针对异构系统下基于自适应选择特征的遗传算法(SASGA)，该算法从以下几个方面扩展了传统的遗传算法：(1)采用染色体可变长度、独立位置编码机制；(2)采用一个随时间变化而递增的适应度函数来回报复杂度不断增加的部分解；(3)允许选择压力的自适应控制；(4)允许任务复制，尤其适用于通信量巨大的实例。仿真实验表明，算法使用简单，大大提高了全局解的质量，得到了满意的结果，下一步可以加以改进用于网格环境。

参考文献

[1] Correa R C, FerreiraA, Rebreyend P. Scheduling Multiprocessor Tasks with Genetic Algorithms[J]. IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, 1999, 10(8): 825-837.

[2] 肖汉雄，陈次昌，齐冬梅. 一种异构计算环境下基于复制的调度算法[J]. 计算机工程, 2006, 32(3): 108 -109, 148.

[3] 曾囡莉，廖晓昕，王明哲. 基于遗传算法的调度[J]. 微型机与应用, 2003, 22(5): 58-60.

[4] Papadrakakis M, Lagaros N D, Thierauf G, et al. Advanced Solution Methods in Structural Optimization Based on Evolution Strategies[J]. Engineering Computations, 1998, 15(1): 12-34.

[5] Braun T, Siegel H, Beck N, et al. A Comparison Study of Static Mapping Heuristics for a Class of Meta-tasks on Heterogeneous Computing Systems[C]//Proceedings of the 8th IEEE Heterogeneous Computing Workshop.[S. 1.]: IEEE Computer Society Press, 1999: 15-29.