过程管理与项目管理间动态循环优化技术研究

王 博 张 莉 韩兆刚
(北京航空航天大学计算机学院 北京 100191)

摘 要 通过研究项目管理理论和过程管理理论间的内在联系,提出了一套企业过程管理和项目管理的集成框架,并且基于该框架设计了包括过程管理层循环以及项目实施层循环在内的动态循环优化模型。最后探讨了优化模型中涉及到的过程仿真优化技术以及项目计划动态调整技术。循环优化技术的应用将为企业缩短生产过程改进周期、提高对生产环境的应变能力提供强有力的支持。

关键词 过程模型,项目管理,仿真优化,循环优化
中图法分类号 TP166 **文献标识码** A

Research on Dynamic and Cyclic Optimization Technology between Process Management and Project Management

WANG Bo ZHANG Li HAN Zhao-gang
(School of Computer Science and Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China)

Abstract By researching the internal relationship between project management theory and process management theory, an integrated framework on enterprise process management and project management was proposed. Then the dynamic and cyclic optimization model based on this framework was designed which involved both cycle in process management layer and cycle in project implementation layer. The process simulation optimization technology and the dynamic adjusting technology of project plan related in the framework were also discussed. The usage of cyclic optimization technology will strongly support the enterprise to shorten the manufacture process modified period, and improve the emergency ability to the manufacture environment.

Keywords Process model, Project management, Simulation optimization, Cyclic optimization

现代企业尤其是航空科研及制造企业是一个复杂的系统。为了缩短产品开发周期、优化过程和资源结构,企业必须根据变化的市场和内外环境,做出快速而正确的决策,而这需要先进的项目管理技术和过程管理技术予以支持。

项目管理技术主要应用于跟踪企业项目计划的实施,是确保软件项目按时、按预算、保质量完成的关键,它主要包括项目计划的制订和对项目按计划执行情况的跟踪与动态调整。但对于企业生产的项目管理,特别是对于航空科研和制造业,由于工作分解结构(WBS)的复杂性,以及活动之间极为复杂的依存关系,往往是计划人员凭借着技术水平和经验来制定项目计划,特别是在生成计划时缺乏有效的自动生成工具的支持。

过程管理通过对企业生产过程的建模,完成产品开发所需的各种活动的定义、确定活动间的时序关系和协作关系,确定每个活动所需的工具,并定义完成每个活动所需的资源(包括人力资源)以及输入/输出等信息[1]。而这些信息对于制定项目计划具有非常大的指导意义。

另一方面,在项目实施过程中,项目管理会对实际的任务执行时间、花费成本、资源使用情况等信息进行采集和分析。由于各种原因,这些实际情况往往会和原定计划出现偏差。为保证项目目标的实现,需要结合已有的实际数据和原定的后期计划进行综合分析,并做出相应的计划调整。目前,在项目实施过程中的这种分析和控制技术主要有CPM(关键线路法)与PERT(概率网络评审技术)等,但它们主要是在实施层对项目实施过程的时间和成本进行分析和控制,在决策层以及项目计划阶段缺乏对过程的分析和控制提供有力支持。

过程管理通过对过程模型的分析和仿真,在找出其中薄弱环节的基础上进行修改和优化,从而支持企业业务过程重组和企业资源计划管理,使产品全生命周期中的时间、质量、成本、服务和速度这些反映企业竞争能力的要素都得到明显的改善和提高[2]。但是对于运作中的过程进行分析和优化时,为使分析结果更具有针对性、更贴近实际情况,过程中已执行部分的信息应该采用真实数据,而这些数据仅仅通过过程建模和分析是得不到的。

综合以上分析,本文提出了一套企业过程管理和项目管理的集成框架,并在此基础上描述了企业过程管理和项目管

到稿日期:2009-02-04 返修日期:2009-03-09 本文受国家高技术研究发展计划(863)项目(2006AA04Z165)资助。
王 博(1979-),男,博士生,主要研究方向为软件工程、企业过程工程、过程建模和优化,E-mail:email_wangbo@126.com;张 莉(1968-),女,教授,博士生导师,主要研究方向为软件工程、需求工程、软件体系结构、过程建模和优化;韩兆刚(1981-),男,博士生,主要研究方向为企业业务过程建模、分析优化技术。

理的循环优化模型，以便将过程模型的数据作为项目实施计划的编制依据，并利用项目实施的实际情况来修正过程模型。最后探讨了该模型中所涉及到的企业生产过程的仿真优化技术以及项目管理的动态调整技术。

1 过程管理与项目管理的集成框架

建立过程管理与项目管理集成框架的前提是明确二者在企业产品的开发、研制和制造的全生命周期中的地位、相互关系、使用对象、技术要求等。

1.1 过程管理

过程管理是一个含义很广的概念，但至少应该包含以下几个方面：过程建模、过程分析、过程优化，即根据过程信息建立模型，并在此基础上对模型进行分析和改进。

过程建模可以获得过程信息的模型化描述，从而为后期的分析优化提供研究对象。而经过过程分析和过程优化，可以找出企业产品全生命周期中的薄弱环节，以及产品研制过程的“瓶颈”。此有助于建立适应市场的新产品开发机制，并进行企业过程重组，以达到增强企业市场竞争能力的目的[1]。改进后的过程模型对企业生产计划的制定和实施都具有科学的指导意义。

在过程建模和改进方面，北京航空航天大学软件工程研究所开展了大量的工作，目前已定义了可视化过程建模语言GEML，能够支持从活动、产品、资源和数据等方面描述过程模型，并基于此研发了过程建模与仿真系统 POMES。

1.2 项目管理

项目的管理和实施是指在一定的资源（时间、资金、人力、设备、材料、能源动力等）约束条件下，对一个有既定目标（质量、投资、进度等）要求的一系列任务进行计划和控制的过程。与过程建模不同的是，项目管理的计划和控制贯穿于项目的整个实施过程。

从时间上说，所有项目都包括以下 3 个主要的阶段：创建计划、跟踪和管理项目、结束项目。创建计划阶段应定义需完成任务的列表，包括每项任务的工期以及计划中所需人员、设备、材料及其成本。随后根据分配策略将这些资源分配到任务中。而在跟踪和管理项目时，除了能够提供现阶段工作的反馈信息，从而帮助后续阶段工作的顺利开展和整个项目的完成外，还能够对时间、资金等反映项目中的日程、工时、工作量和成本的因素进行监控。

1.3 集成框架

通过以上分析可以看出，企业过程建模与仿真优化侧重于过程的概念抽象层次，过程模型中包含产品结构以及活动的层次和时序，其中侧重的是活动的时序关系和数据流的输入输出。模型中元素的属性数据来源于以往的经验或对事实的估计。而过程实施和项目管理侧重于实施层次，强调计划和活动的时序和相关性，其数据也带有很高的确定性，因此在概念上存在着过程模型中的活动和项目实施计划任务列表之间的映射。

项目计划一般包含以下几方面的信息：任务、资源和工作分配。这些信息用于在项目进行过程中跟踪进度的初始项目计划。而在 POMES 中描绘一个过程，需要以下主要元素。

1）活动：表示过程中要执行的工作，因此活动是 GEML 的核心。其它对象都是用来描述活动的细节、活动的输入和输出产品以及各个活动之间的协调关系。

2）产品：表示在过程活动中被使用、创建、修改和传送的对象。

3）资源：用于模仿现实世界中的资源，这些资源是执行活动所必需的。

4）数据流连接：用于描述活动与产品之间的输入输出关系，反映了活动与活动之间的时序关系。

5）关联连接：用于描述活动与资源之间的依赖关系。

这些元素及其属性可以很好地反映项目管理所需要的信息。

文献[3]讨论并总结了过程模型和项目计划的对应方法。本文基于此方法定义了 GEML 的元素与项目管理对象间的对应关系，如表 1 所列，从而使得项目计划的自动生成成为可能。

表 1 GEML 元素与项目管理对象的对应关系

GEML 对象	项目管理的对应概念
过程	项目
活动	任务
资源、源产品	资源
活动运行时间	工期
（活动与产品间的）数据流连接	任务的时间依赖关系
（资源与活动间的）关联连接	资源的任务分配

从理论上看，优化后的过程模型可以指导项目的实施，过程模型的数据为项目的实施计划提供编制依据，同时项目的实施也验证了过程模型的有效性。项目实施过程中实际的时间、成本等因素与模型数据的偏离说明模型数据是不太符合实际实施情况的，需要修改过程模型，然后仿真并重新制定后面的计划，使过程模型数据和后面的工作计划更加贴近实际。因此项目管理与过程管理进行集成的基本思想就是利用过程模型数据生成项目计划，在之后的项目实施过程中，根据项目管理软件中对进程、资源和成本的跟踪和这些因素的变更记录，重新调整过程模型的定义，得到部分反映实际运行情况的过程模型。重新对过程模型进行分析，进而调整过程模型，即可及时生成新的项目计划，如图 1 所示。

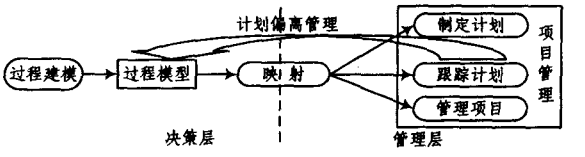

图 1 过程管理与项目管理的集成框架

在该框架中，制定项目计划的依据是产品研制的全生命周期过程模型，因而能够保证计划的合理性。在跟踪计划的过程中，一旦出现日程的意外延迟、成本的超出和资源的更改等事件，则能够通过计划偏离管理重新调整过程模型，并生成新的计划。这样既保证了下一段计划能根据项目运行情况及时更新，也保证了过程模型能更准确地反映计划和实施情况，从而大大提高过程重组能力，使企业成为一个具有自适应能力的系统。

2 优化循环模型

基于以上集成框架，本文设计了项目实施过程的优化循环模型，如图 2 所示。该模型具有两个循环：

1）从过程建模经模型转化到项目实施，再由项目实施经

过程监控、仿真优化再到过程模型的项目实施层循环；

2)过程建模和仿真优化之间的过程管理层循环。

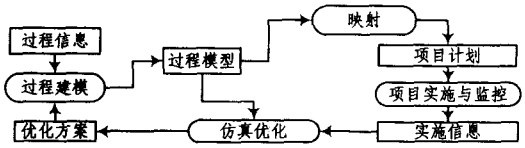

图 2　循环优化模型

模型中内层的管理层循环属于过程建模技术的范畴。项目实施过程的优化是一个复杂动态系统优化问题，主要用于解决过程仿真中的动力学特性、仿真参数的确定以及多参数、多目标情况下的自动寻优算法等问题。其中过程仿真[2,4]能够高效、低成本、快速地模拟过程的运作，定量地分析过程的动态行为，统计过程的多项性能指标(如过程的运行时间、运行成本和资源利用率等)，判断过程中是否存在瓶颈或死锁因素、过程的运行性能是否良好，从而为过程诊断和过程优化提供可靠的、量化的依据。

通过修改过程模型或重新定义仿真环境可以模拟实际过程或其运行环境的变化，因此修改过的过程模型和仿真环境可以体现一个新的过程设计方案[5]，在动态仿真中体现为一个新的计划实例。通过对修改过的过程模型进行仿真即可得到仿真实例的信息，通过对比分析不同计划实例所对应的仿真实例信息，就可以有效、定量地评价不同的过程设计方案，验证不同计划实例的可行性和有效性，从中选择最佳方案，实现企业项目实施过程的优化。

外围的项目实施层循环实际上体现了过程建模与项目管理的协同工作。该循环涉及过程建模、模型转化、项目实施与监控以及仿真优化 4 个主要活动。首先通过过程建模生成过程模型，通过仿真优化指导过程模型的改进，从而得到优化后的过程运行方案；参照该方案，按照集成框架中定义的对应关系以及一定的转化规则就可以自动生成项目实施所需的项目计划。在项目实施过程中，利用过程监控技术，可以及时采集实际的过程信息(如活动实际的持续时间、活动实际消耗的资源数量等)。当发现项目进度和项目计划出现不一致(如项目进度的提前或滞后，或者需求发生了变化)时，需要在参照实际过程信息的基础上对后期的过程模型进行仿真优化，从而修改过程模型，并及时生成调整后的项目计划。这一过程在企业生产过程中应不断循环，从而为企业及时适应市场变化、及时调整项目计划、缩短过程改进周期提供有力的支持。

3　动态优化技术

动态优化技术是优化循环模型中的核心技术，具体包括两个方面，即过程模型的仿真优化和项目管理的动态调整。

3.1　过程仿真优化

从优化内容的角度讲，过程优化分为过程结构优化和过程参数优化。过程结构优化具体是指企业通过加强过程控制，采用新技术、新设备、新的管理思想等手段，对原有的过程进行根本性的思考和彻底重组，进而针对过程的结构，从活动之间的时序、逻辑关系等方面对过程进行优化，从而提高企业过程的运作效率和效果[6,7]。其方式主要是任务绑定、活动合并[8]。例如：

1)变事后管理为事前管理，减少不必要的审核、检查、控制等活动；

2)变职能管理为过程管理，尽量减少不增值的活动；

3)用人口信息代替中间信息集，以实现活动合并；

4)采用并行工程技术提高企业过程的并行性分析能力。

过程参数优化是指针对结构稳定的过程，通过调整过程中的可控参数对过程进行优化。其方式主要有两种：

1)从已有可知的过程参数组合中选取最优的参数配置方案；

2)按照某种策略或趋势构造新的过程参数配置，进而对其进行评价择优。

其中前者适合对于参数具有非线性变化特点的过程进行优化，后者则适合于参数线性变化的过程。

一些非技术因素使得企业在具体实施过程中，有时不得不将过程结构优化作为一个长期的目标，采用循序渐进的方式逐步改进，或者仅仅将优化的结果视为一种建议，并不能真正落实。如果希望尽快采取一些手段使得过程性能有所提高，就必须借助过程参数优化的支持。原因在于参数优化不涉及结构的调整，能够在企业现有工作模式和技术条件下，通过调整现有过程结构中的相关参数来改进过程性能。另一方面，即便是结构已经优化调整的过程也存在可进一步改善时间、成本、质量、服务和速度等要素的提升空间。参数优化对于过程优化也同样具有重要意义，二者在企业过程优化中应该互为补充。

在优化循环过程中，对仿真优化技术的应用体现在两个方面：

1)项目实施前对过程模型的优化；

2)项目实施过程中对过程模型的优化。

其中前者属于事前分析，所有分析数据均属于计划信息。后者则属于事中分析[9]，目的是对实际信息和计划信息混合后的事中模型实例进行仿真优化。其中计划信息来自建模人员根据经验或初始计划所得到的企业过程模型实例中的数据，因此带有一定的预估性。主要包括：

1)产品中的相关数据：源产品的输入类型(单一、连续)、到达时间所服从的概率分布的初始参数值、持续时间单位；

2)资源中的相关数据：计划投入的总数、单位费用；

3)活动中的相关数据：活动执行需要的资源数量、该资源配置下持续时间所服从的概率分布的初始参数值；

4)数据流、引用流中的相关数据：所连接活动执行需要的产品数量。

而实际信息是在项目实施过程中通过相应的监控系统采集得到的，因而反映了企业实际运行过程中的真实状况。除了将以上部分信息更新为实际数据外，还需要记录以下信息：

1)产品(源产品、中间产品、最终输出产品)生成的具体时间；

2)资源被占用和释放的具体时间；

3)活动每次执行的开始时间和结束时间、活动就绪到执行之间的等待时间。

正是由于有这部分真实数据的存在，使事中分析的结果比事前分析的结果更贴近实际情况，也更加有说服力。在针对这种模型实例的仿真优化过程中，对已完成的部分需要按实际信息配置，即对已执行过程的虚拟重现；对未执行部分，则依旧采用计划数据进行仿真优化，以便获取新的最优方案。

(下转第 229 页)

[10] Nuno A I, Varela B A, Cotos J M, et al. A Comparison between Functional Networks and Artificial Neural Networks for the Prediction of Fishing Catches[J]. Neural Comput & Applic, 2004, 13: 24-31

[11] Nuno A I, Varela B A, Cotos J M, et al. Optimisation of fishing predictions by means of artificial neural networks, anfis, functional networks and remote sensing images [J]. Expert Syst. Appl. (ESWA), 2005, 29(2): 356-363

[12] Zhu Changhua, Pei Changxing, Li Jiandong. Functional Networks Based Internet End-to-End Delay Dynamics [J]. AINA, 2004: 540-544

[13] Qu Han-bing, Hu Bao-gang. Variational Bayes Inference for Generalized Associative Functional Networks[J]. IJCNN, 2007: 184-189

[14] 周永权. 泛函网络理论及其学习算法研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2006

[15] Pruneda R E, Lacruz B, Solares C. A First Approach to Solve Classification Problems Based on Functional Networks [J]. ICANN, 2005: 313-318

[16] Sánchez-Maroño N, Caamaño-Fernández M, Castillo E, et al. Functional Networks and Analysis of Variance for Feature Selection [J]. IDEAL, 2006: 1031-1038

[17] Gálvez A, Iglesias A, Cobo A, et al. Bézier Curve and Surface Fitting of 3D Point Clouds Through Genetic Algorithms, Functional Networks and Least-Squares Approximation [J]. ICCSA, 2007: 680-693

[18] El-Sebakhy E A. Functional Networks Training Algorithm for Statistical Pattern Recognition [J]. ISCC, 2004: 92-97

[19] Alonso-Betanzos A, Castillo E, Fontenla-Romero O, et al. Shear Strength Prediction Using Dimensional Analysis And Functional Networks [J]. ESANN, 2004: 251-256

[20] Sastry S. Nonliner Systems: Analysis, Stability and Control[M]. New York: Springer-Verlag, 1999

[21] 周永权, 赵斌, 焦李成. 序列泛函网络模型及其学习算法与应用[J]. 计算机学报, 2008, 31(7): 1073-1091

[22] Akkouchi M. A Class Of Functional Equations Characterizing Polynomials of Degree Two[J]. Divulgaciones, 2001, 9(2): 149-153

(上接第 178 页)

3.2 项目计划动态调整

项目计划的调整分为属性调整和非属性调整。前者是指计划任务的结构没有变更，调整的仅仅是计划中任务的属性和资源的属性，主要包括：

1)项目工期；

2)任务的持续时间；

3)资源的成本；

4)资源的数量。

非属性调整则是指任务或者资源的增加或删除，或者任务层次结构、先后顺序的变更。

显然，项目计划的属性调整与过程参数配置的变化是相互对应的，而非属性调整则对应于过程结构的变化。

同仿真优化一样，项目计划的调整从时间上也分为两个阶段：

1)项目实施前的调整；

2)项目实施过程中的调整。

从调整的原因上又可分为主动调整与被动调整。前者是指项目决策人员根据需求变化需要对当前项目的相关信息进行调整，此时需要主动对过程模型进行修改和优化，之后重新生成项目计划。这种调整的变动一般是比较大的。

被动调整则是指当项目的实际运行状态与计划发生偏离后，过程仿真优化通过事中分析重新生成了新的过程模型，以此引起的后期项目计划的变更。

由于项目实施前的调整不涉及实际运行数据，因此动态调整主要是指在项目实施阶段根据实际情况及时做出的各种主、被动调整。

结束语 综上所述，过程管理是支持企业产品生命周期管理的重要技术，项目管理是产品生命周期高质量完成的保障。本文提出的集成框架结构，为实现两者的信息共享和优化奠定了基础。以动态优化技术为核心的优化循环模型通过过程管理使得项目管理更加科学，通过项目管理为过程实施提供保证。由于事中分析应用了项目实施过程中采集的数据，因此由此得出的过程模型更加贴近企业的实际运行情况，不但为企业决策层提供了及时的分析结果，而且为动态、及时地进行项目计划调整提供了支持，有助于提高项目管理和过程管理的有效性。

参 考 文 献

[1] 周永华, 陈禹六, 赵天奇. 经营过程建模[J]. 计算机集成制造系统, 2002, 8(1): 16-22

[2] 谭文安. 企业过程动态优化技术及其支持环境的研究与开发[D]. 北京: 北京航空航天大学, 2001

[3] Lawrance M, Chung L, Chan K C C. Integrating Project Planning and Process Modeling for Software Development[C]// Proc of the IEEE Symposium on Application-Specific Systems and Software Engineering and Technology. 1999: 276

[4] 范玉顺. 集成化企业建模方法与系统[M]. 北京: 中国电力出版社, 2007

[5] April J, Better M, Glover F, et al. Enhancing Business Process Management with Simulation Optimization[R]. BP Trends Newsletter, White Paper & Technical Briefs, 2005: 1-11

[6] 孙雪冬, 徐晓飞, 王刚. 基于有向超图的资源约束下企业过程结构优化[J]. 软件学报, 2006, 17(1): 59-67

[7] 姚咏, 范文慧, 熊光楞. 复杂产品开发过程仿真及其优化方法研究[J]. 系统仿真学报, 2006, 18(3): 726-730

[8] Dewan R, Seidmann A, Walter Z P. Workflow optimization through task redesign in business information processes[J]. Collaboration Systems and Technology Track, 1998, 1(1): 240-252

[9] 孙毅, 张莉. 企业过程分析与监控技术的研究[D]. 北京: 北京航空航天大学, 2005