

# 基于度量的软件生产线管理研究

丁剑洁<sup>1,2</sup> 郝克刚<sup>1</sup> 侯红<sup>1</sup> 郭小群<sup>1</sup>

(西北大学信息科学与技术学院 西安 710127)<sup>1</sup> (陕西教育学院数理工程系 西安 710061)<sup>2</sup>

**摘要** 软件生产线是一种全新的软件开发方式,生产线的管理作为三大基本活动之一直接影响生产线实践。从软件度量角度出发,根据GQ(DM)模型,提出了基于度量的软件生产线管理框架,并定义了管理活动中需要跟踪的度量元,这对生产线管理活动的有效实施有积极的指导意义。

**关键词** 度量,软件生产线,GQ(DM)模型,管理

中图法分类号 TP311 文献标识码 A

## Metric-based Research of Software Product Line Management

DING Jian-jie<sup>1,2</sup> HAO Ke-gang<sup>1</sup> HOU Hong<sup>1</sup> GUO Xiao-qun<sup>1</sup>

(Dept. of Information Science and Technology, Northwest University, Xi'an 710127, China)<sup>1</sup>

(Dept. of Math and Physics, Shaanxi Education Institute, Xi'an 710061, China)<sup>2</sup>

**Abstract** Software product line is a new software development methods, production line management as one of the three basic activities directly affects the practice of software product line. In this paper, from the software metrics view, according to GQ(DM) model, a metric-based framework of software product line management was proposed and metrics which must be tracked in the management process was defined. This work has significance lead meaning for the effective implementation of product line management activities.

**Keywords** Metric, Software product Line, Goal-Question-(Indicator)-metric, Management

软件生产线是指具有一组可管理的公共特性的软件密集型系统的集合,这些系统满足特定的市场需求或任务需求,并且按预定义的方式从一个公共的核心资产集开发得到。它是一种全新的软件开发模式<sup>[1]</sup>,包含3大基本活动:核心资产库的开发、产品开发以及对两者的管理。管理作为基本活动之一,对软件生产线的成功实施至关重要,因此需要用全新的视角审视生产线的管理活动。特别是在国内,生产线的实践尚属于起步阶段,需要科学的理论加以引导。

度量是自然科学的一个传统,如Fred S. Roberts提出的,一门科学的成熟度跟这门科学中的度量成熟度成正比<sup>[2]</sup>。生产线概念自提出以来,也吸引了部分学者对其度量的相关研究:Clements等人将数据收集、度量和跟踪本身作为生产线开发的一个实践域,指出其属于技术管理实践域的一项必要活动,指导管理决策的制定<sup>[1]</sup>;Zubrow等人建议从生产线管理者、核心资产开发管理者、产品开发管理者的视角对生产线在改进性能、依从性、提高性能方面进行度量<sup>[3]</sup>;Ebru Dincel等定义了生产线体系结构的两个基本度量指标:需求服务利用率和提供服务利用率,并分析其度量方法和含义<sup>[4]</sup>;Jin等人设定通过分析系列度量指标来评估核心资产的复用率<sup>[5]</sup>;国内也有不少学者进行了相关研究,大多是从生产线体系结构入手<sup>[6,7]</sup>,也有侧重于生产线管理度量方面的<sup>[8]</sup>。本文在此基础上,提出基于度量的软件生产线管理框架,给出若干度

量元,进而对生产线的管理活动提供指导。

## 1 GQ(DM)模型

采用基于度量的生产线管理模式有以下优势:

- (1)基于度量的管理能更好地将企业远景渗透到组织过程中去;
- (2)基于度量的选择和执行能更好地提高利益相关者的满意度,改进软件生产线开发过程;
- (3)基于度量的管理能保证生产线整个生命周期连续的监督功能;
- (4)基于度量的决策能避免生产线开发与计划出现偏离,帮助管理者修订其工作计划。

采用此种模式的关键在于度量哪些指标,才能达到上述目标,即度量元的选择合理与否直接影响到管理的效果。采用GQ(DM(Goal-Question-(Indicator)-Metric)这种目标驱动的度量模式可有效解决度量元的确定问题<sup>[9-11]</sup>。

在GQ(DM)方法中,首先通过识别高级的商业目标将组织商业和战略目标翻译为度量目标,注意不同的利益攸关者可能会给出不同的目标,然后通过分析将该目标定义为具体的操作描述或子目标。这个细化过程需要给出这些高级目标的量化的问题描述,这些问题的答案帮助我们管理组织和项目。问题给出能够识别信息需求的具体的陈述<sup>[10]</sup>。由此

到稿日期:2010-02-05 返修日期:2010-05-05 本文受863国家重点基金项目(2007AA010305)资助。

丁剑洁(1979-),女,博士生,主要研究方向为软件工程,E-mail:dingjianjie@yeah.net;郝克刚(1936-),男,博士生导师,主要研究方向为软件体系结构等;侯红(1966-),女,副教授,主要研究方向为软件过程改进等;郭小群(1972-),女,讲师,主要研究方向为形式化方法。

些信息需求,通过指示器给出依据度量目标收集的度量数据的答案,即形成利益攸关者感兴趣的度量元。

## 2 基于度量的软件生产线管理模式

### 2.1 基于度量的软件生产线管理框架

结合 GQ(DM)模型,给出基于度量的软件生产线管理活动框架,如图 1 所示。从中可以看出度量的各个步骤和软件生产线管理活动的关系。

第一步 生产线是一个更复杂、更系统的软件开发方式,要做好管理,首先需要识别各个利益攸关者。

第二步 不同的利益攸关者对于生产线有不同的需求与期望,特别是有别于传统开发方式的地方。

第三步 对于模糊的目标可以细化成子目标,不同的利益攸关者关注的信息也可能有重叠和交叉,需要进一步整理和筛选。

第四步 根据整理好的目标,提出问题,确定度量信息。

第五步 确定度量元名称与指示器信息,包括数据收集标准、步骤、存储方式等基本信息,将其文档化,列入到生产线的生产计划中,到此度量计划活动已完成。

第六步 进入到度量实施阶段,按照计划收集汇报数据。

第七步 将收集的数据根据需要做数据分析,可以借助高级分析方法和工具,为管理提供决策信息。

第八步 分析度量结果,判断生产过程中是否有偏离计划或需要改进的地方,采取反馈机制,修改生产计划,监督需要特别关注的环节,进入下一轮的度量活动中。

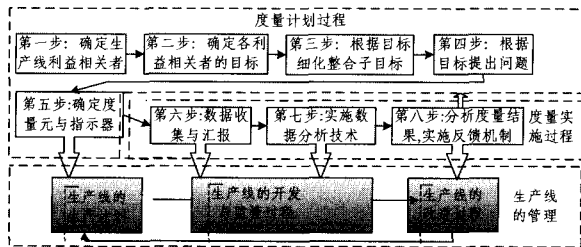


图 1 基于度量的软件生产线管理框架

软件生产线的度量和传统的软件过程度量的最大区别在于度量计划过程,即度量元与指示器信息的建立。因为在实施过程中,数据的收集与分析都是类似的,本文不再赘述,下面着重阐述度量计划过程。

### 2.2 利益攸关者分析

利益攸关者在项目管理中指的是参与项目的人、组织或受项目影响的人或组织<sup>[12]</sup>。此处指和软件生产线有关的任何参与者,主要有首席执行官、运营官、技术主管、产品线经理、核心资产开发人员、产品开发人员、销售人员和用户等等。在实际的生产过程中,不同的利益攸关者期望的组织目标会有交叉或重叠,经过调查取证主要包含<sup>[1]</sup>:缩短上市时间、提高市场占有率、提高产品质量、提高用户满意率、提高工作效率以及保持核心资产库的高性能等。

根据 GQ(DM)模型,确定组织目标后,就可列出可量化的问题描述。根据上述目标,简要列出以下问题:

- Q1:新的生产方式在市场反应如何?
- Q2:新的生产方式对组织的效率带来何种变化?
- Q3:新的生产方式对生产过程有何影响?
- Q4:核心资产是否好用?

Q5:核心资产库的性能如何?

Q6:核心资产使用时在成本、进度和成果方面表现如何?

Q7:在项目中核心资产的复用度如何?

Q8:产品是否有更少的缺陷?

Q9:……

### 2.3 度量元

当问题确定后,需要针对每个问题列出回答这些问题需要的信息,即产生初步的度量元。度量元需要精确定义,相关的数据收集与分析才能在组织内无歧异执行。下面给出 9 个度量元的定义。需要指明的是,需要跟踪的并不仅限于列出的度量元,此外如项目的进度、规模、成本以及缺陷等度量元与传统的软件度量是类似的,本文并没有列出。

定义 1 若用  $T$  表示产品的上市时间,则  $T = T_i - T_e$ 。其中  $T_i$  表示产品项目开始时间,  $T_e$  表示产品项目结束时间。

定义 2 若用  $C$  表示生产线开发总成本,则  $C = C_c + C_p + C_u$ 。其中  $C_c$  为核心资产开发成本,  $C_p$  为产品开发成本,  $C_u$  为核心资产使用成本。数据可从开发人员的工作报表获得。

定义 3 若用  $C_a$  表示均摊成本,则  $C_a = (C_c + C_u) / N$ 。其中  $C_c$  为核心资产开发成本,  $C_u$  为核心资产使用成本,  $N$  为开发产品的个数。

定义 4  $C_l = n_l / N_l$ ,其中  $C_l$  表示生命周期覆盖率,  $n_l$  为已经覆盖的阶段数目,  $N_l$  为计划覆盖的阶段数目;

$C_c = n_c / N_c$ ,其中  $C_c$  表示类型覆盖率,  $N_c$  为计划覆盖类型数目,  $n_c$  为已覆盖类型数目;

$C_f = n_f / N_f$ ,其中  $C_f$  表示特征覆盖率,  $n_f$  为已覆盖特征数目,  $N_f$  为计划覆盖特征数目;

$C_a = n_a / N_a$ ,其中  $C_a$  表示应用覆盖率,  $n_a$  为已经覆盖的领域范围,  $N_a$  表示计划覆盖的领域范围。

定义 4 从生命周期、类型、特征和应用 4 个角度出发,讨论各自的覆盖率。组织可以在建立计划时,就确定资产库将来要覆盖的范围,以便度量是否满足计划要求。但是只有当核心资产的数量达到一定数量级时,计算结果才是有意义的。

定义 5 若  $C(c_1, c_2)$  表示资产  $c_1$  与  $c_2$  之间的一致性,则  $C(c_1, c_2) = P(c_1 / c_2)$ 。其中  $P(c_1 / c_2)$  为条件概率,指的是在使用  $c_2$  时使用  $c_1$  的概率。

定义 6 在某个时间段内,资产库中存在  $t$  个资产,分别为  $c_1, c_2, \dots, c_t$ 。若  $U(c_i)$  表示资产  $c_i$  在这段时间的利用率,则  $U(c_i) = n_i / N_i$ 。其中  $n_i$  表示在此段时间内使用资产  $c_i$  开发的产品数目,  $N_i$  表示此段时间内共开发的产品数目,  $i = 1, 2, \dots, t$ 。

定义 7 若用  $C$  表示开发产品时确定核心资产的平均成本,则  $C = \sum_{i=1}^n C_i / n$ 。其中  $n$  表示开发的产品总数目,  $C_i$  表示开发第  $i$  个产品时确定核心资产所需的成本。

定义 8 若用  $R_u$  表示核心资产的更新率,则  $R_u = (N_a + N_d + N_r) / N$ 。其中  $N_a$  表示增加的核心资产数目,  $N_d$  表示删除的核心资产数目,  $N_r$  表示修改的核心资产数目,  $N$  表示注册过核心资产库的资产总数。

定义 9 若用  $R_r$  表示重用率,则  $R_r = S_r / (S_c + S_n)$ ,其中  $S_c$  表示重用核心资产的规模,  $S_n$  表示新开发的应用程序规模。

定义度量元之后,进入度量实施阶段,即按照度量计划收

(下转第 169 页)

统的价格为  $P_1$ ; 采用第二种方案, 系统的平均延时时间为  $T_2$ , 系统的价格为  $P_2$ ; ……依此类推, 第  $n$  种方案的平均延时时间为  $T_n$ , 价格为  $P_n$ 。则系统选择的方案应满足下式:

$$\max\left(\frac{T-T_1}{P_1-P}, \frac{T-T_2}{P_2-P}, \dots, \frac{T-T_n}{P_n-P}\right)$$

即选择性价比最高的方案。

现考虑两种方案。拟改进门店的备货速度, 可使系统总的延时时间缩短 1, 总成本增加 2; 若改进物流商的送货速度, 可使系统总延时时间缩短 1, 总成本增加 2.3。由此可见可采用第一种方案, 能以更少的价格获得系统性能的提高, 即处理一个订单的总时间降低。

由此可见该模型可以对企业决策提供有价值的信息。

**结束语** 本文以电子商务为背景, 主要研究了网络环境下服务协同的建模与分析, 对电子商务中的一个典型流程进行了建模与分析, 研究了 4 种典型的服务协同模型, 给出了等价化简方法, 并进行了证明。此方法在一定程度上缓解了

Petri 网求解时的状态爆炸问题, 从而提高了系统分析的效率。还针对人们既需要掌握系统性能, 又需要了解系统成本的特性, 提出了价格随机 Petri 网, 既可用于价格和性能分析, 又可对系统的建立和改进提供宏观指导作用。接下来将考虑非固定成本, 进一步针对随机价格研究复杂系统的性能和成本问题。

## 参考文献

- [1] Vautherlin J, Memmi G. Computation of flows for unary predicates/transitions nets[C]// Advances in Petri Nets 1984, Lecture Notes in Computer Science. 1985, 188:455-467
- [2] Trivedi K S. SPNP User's Manual (Version 6.0)[M]. 1999
- [3] 林闯. 随机 Petri 网和系统性能评价(第二版)[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005
- [4] 曾明, 扬扬, 王元卓, 等. 协同服务模型及其在电子商务中的应用[J]. 北京科技大学学报, 2009, 31(5): 660-666

(上接第 157 页)

集分析数据, 并对生产线的管理提供反馈意见, 实现过程改进。这与软件传统生产方式的度量活动是类似的, 本文不再赘述, 仅关注度量元的获取过程。

## 3 度量实践的风险

低劣的度量计划是对时间和资源的浪费, 并会引起正在进行的开发工作额外的费用消耗, 从而造成组织成员最终对度量的不信任。这样的数据收集和度量使管理者失去了了解目前状况与产品线计划是否存在偏差的机会, 严重时会导致他们做出错误的管理决策, 破坏生产线的生产。基于度量的生产线管理实施存在以下风险:

(1) 度量不匹配。度量元的获取应基于生产线、核心资产和生产线开发为目标, 如果目标确定时就不合理, 会导致不能根据收集的数据做出管理决策, 造成资源浪费, 为相关人员带来抵触情绪。

(2) 度量标准不明确。在制作度量计划时, 数据的单位、形式以及采集时间与频率、负责人等基本信息都不明确时, 会导致度量过程的混乱低效, 影响度量效果。

(3) 应对度量结果措施不明确。很多度量数据会对相关人员提出预警作用, 要求他们采取一定的措施应对这种状况, 使生产线开发活动在计划之中。由于生产线开发模式所涉及的活动、人员都更为复杂, 如果初始责任范围定义不明确, 会延误相关人员对问题的察觉, 导致时间、精力和财力的严重消耗。

(4) 度量没有被集成到生产线活动中。度量活动如果没有被集成到生产线过程中, 意味着数据收集没有与生产线的其它活动紧密结合, 一方面导致度量活动需要额外的资源支持, 另一方面也会使管理者对所收集数据的准确性和及时性提出质疑, 从而降低他们执行度量活动的积极性。

(5) 成本过高的度量。如果度量过于昂贵或者数据很难获得, 就会导致跟踪过程的失败。生产线过程中出现的问题和冲突也因此而被隐蔽, 或者很晚才会被发现, 进而削弱了度量活动在生产线管理中所起的作用。

**结束语** 生产线的管理活动对软件生产线的成功实施至关重要, 而客观有效的度量对生产线的跟踪、管理和改进有着积极的作用。自生产线诞生起, 它的度量就引起了一些学者的

关注, 但仅限于一些生产线的指标评价。本文利用 GQ(I)M 方法, 给出了基于度量的生产线管理框架, 说明了度量活动的各个步骤以及与生产线管理活动的关系, 分析了生产线的利益有关者, 针对他们对生产线的需求目标提出问题, 进而整理出与生产线管理相关的 9 个度量元的定义, 并分析了度量的实践风险, 从而为企业实施生产线的度量提供了指导。

## 参考文献

- [1] Clements P, Northrop L. Software Product Lines: Practices and Patterns[M]. Reading, MA: Addison-Wesley, 2002
- [2] Roberts, Fred S. Measurement Theory with Application to Decision-making, Utility, and the Social Sciences[M]. Encyclopedia of Mathematic and its Applications. Addison Wesley Publishing Company, 1979
- [3] Zubrow D, Campbell G. Basic Metric for Software Product Line [R]. CMU/SEI-00-TN-012, Pittsburgh, PA: Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, 2000
- [4] Dincel E, Medvidovic N, van der Hoek A. Measuring Product Line Architectures[C]// Proceedings of the 4th International Workshop on Software Product—Family Engineering. 2001
- [5] Her Jin Sun, Kim Ji Hyeok, Oh Sang Hun, et al. A Framework for Evaluating Reusability of Core Asset in Product Line Engineering[J]. Information and Software Technology, 2007, 49: 740-760
- [6] 张涛. 软件产品线关键技术研究[D]. 西安: 西北工业大学, 2006
- [7] 郭福全, 赵昌葆. 产品线体系结构复杂性度量[J]. 微计算机应用, 2007, 28(4)
- [8] 宁安良, 侯红, 鱼滨, 等. 软件产品线度量及应用研究[J]. 计算机应用与软件, 2007, 24(9)
- [9] Department of Defense and US Army. Practical Software and Systems Measurement: A Foundation for Objective Project Management[S]. Version 4.0c, March 2003
- [10] Briand L C. An operational process for goal-driven definition of measures[J]. IEEE Transactions on Software Engineering, 2002, 28(12)
- [11] Park RE, Goethert WB, Florac WA. Goal-driven software measurement-A Guidebook[M]. CMU/SEI-96-HB-002
- [12] Schwallbe K. Information Technology Project Management (2rd)[M]. China Machine Press, 2003