

# 基于 CMMI 的小型软件过程自评估工具<sup>\*</sup>)

郑栋 谭玲 顾庆 陈道蓄

(南京大学软件新技术国家重点实验室 南京 210093)

**摘要** CMMI-SW 是 SEI 在 CMM-SW 的基础上开发并在全世界推广实施的一种软件能力成熟度评估标准,主要用于指导软件开发过程的改进和进行软件开发能力的评估。本文基于 CMMI 和小型过程评估的思想设计了一个小型软件过程评估工具,帮助中小型软件组织根据 CMMI 进行快速的软件过程自评估。

**关键词** CMMI, SCAMPI, 软件过程评估, 小型软件过程评估

## A Mini-Software Process Self-Assessment Tool Based on CMMI

ZHENG Dong TAN Ling GU Qing CHEN Dao-Xu

(State Key Laboratory for Novel Software Technology, Nanjing University, Nanjing 210093)

**Abstract** CMMI-SW is an appraisal standard of software capability maturity which is developed by SEI based on CMM-SW and for implementation world-wide. It is mainly used as guidance for software developing process improvement and software developing capability assessment. This paper introduces a mini-software process assessment tool based on CMMI and the idea of mini process assessment to help medium or small software organizations with rapid self-assessment of software processes.

**Keywords** CMMI, SCAMPI, Software process assessment, Mini-software process assessment

## 1 引言

CMMI-SW (Capability Maturity Model Integration) 是由美国卡耐基梅隆大学软件工程研究所 (Software Engineering Institute, SEI) 在 CMM-SW (Capability Maturity Model) 的基础上开发并在全世界推广实施的一种软件能力成熟度评估标准,主要用于指导软件开发过程的改进和进行软件开发能力的评估。

SCAMPI (Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement) 是过程改进的标准 CMMI 评估方法,它结合并改进了 CMM 的两种评估方法 CBA IPI (CMM-Based Appraisal Method for Internal Process Improvement) 和 SCE (Software Capability Evaluation)。

但进行一次完整的 CMMI 评估需要花费大量人力物力,周期也很长。很多软件组织无法经常进行这样的评估活动。小型过程评估 (Mini-Assessment) 就是在这样的需求背景下提出的。

本文首先分析了 CMMI 出现的必要性。接着介绍了小型评估方法的思想 and 可行性,并提出基于 CMMI 的小型自评估模型。最后根据该模型设计了一个 MSPSA 系统,试图为中小型软件组织提供实用的基于 CMMI 的软件过程自评估工具,帮助其了解组织当前的软件过程能力,找出组织的弱点,帮助企业领导寻找合适的过程改进机会。

## 2 从 CMM 到 CMMI

CMM 模型自 20 世纪 80 年代末推出,并在 90 年代广泛应用于改进软件过程以来,极大地提高了软件生产率和软件

质量,为软件产业的发展壮大做出了巨大的贡献。

然而 CMM 模型主要用于软件过程的改进,促进软件组织能力成熟度的提高,但它对系统工程、集成化产品和过程开发、供应商管理等领域的过程改进都存在缺陷,因而人们不得不分别开发软件以外其他学科类似模型。这样一来,模型数量众多且互不兼容,应用不同模型时效率低下且容易混淆。此外,随着执行工程任务的方式的进化,一个工程项目可能涉及到几个国际标准,因而需要一种单一的过程改进框架而又能跨越多种学科的工具。能力成熟度模型集成 (CMMI) 就是用来解决这些问题的。

与 CMM-SW 相比, CMMI-SW 主要有如下改动<sup>[4]</sup>:

1) 增加了一些新的过程域。

CMM-SW 共有 18 个关键过程域 (Key Process Area, KPA), 而 CMMI-SW 有 22 个过程域。具体改进表现在:

进一步强化了对需求的重视。在 CMM-SW 中,只有“需求管理”这一个 KPA,对如何获取需求则没有提出明确的要求。而在 CMMI 的阶段式模型中,除了 2 级的“需求管理”过程域之外,3 级还有一个独立的“需求开发”过程域,对如何获取优秀的需求提出了具体的要求。

对工程活动进行了强化。在 CMM-SW 中,只有 3 级中的“软件产品工程”和“同行评审”两个 KPA 是与工程过程密切相关的。而在 CMMI 中,则是将“软件产品工程”细化成“需求开发”、“验证”、“确认”、“技术解决”和“产品集成”几个单独的过程域,从而在实践上对工程提出了更高的要求 and 更具体的指导。

强调风险管理。CMM-SW 中把“风险管理”部分包含在“综合软件管理”中,而 CMMI 的 3 级里将“风险管理”作为一

<sup>\*</sup>) 本文得到国家 863 项目支持,项目编号:2004AA112090。郑栋 硕士研究生,研究方向:过程建模、软件过程管理;谭玲 硕士研究生,研究方向:工作流、软件过程管理;顾庆 博士、副教授,研究方向:分布式计算;陈道蓄 博士生导师,研究方向:分布式计算与并行处理。

个独立的过程域。

强调量化管理。CMM-SW 中对测量和分析的要求比较笼统和空泛,而 CMMI 中将“测量和分析”作为 2 级的一个独立的过程域来要求,与当前流行的 6 $\Sigma$ 不谋而合。

2)增加了流行的最佳实践。

CMMI 模型中添加的实践是对 CMM 的改进和增强,其中许多新实践都已经被那些成功实施过基于 CMM 最佳实践的过程的组织所实施。

3)增加了共同目标的概念并应用于每个过程域。

CMMI 模型用共同目标来表示使用中的过程是否持续地达到它的实施目标。

4)采用两种模型表示法:阶段式表示和连续式表示。

新增的连续式评估模型允许组织针对每个过程域分别评估级别。而阶段式评估模型沿用了 CMM 的评估模型,用于确定软件组织的软件能力成熟度等级。

很多组织使用 CMMI 的成功经验表明,运用 CMMI 有如下好处<sup>[4]</sup>:

管理和工程活动与业务目标的连接更加明确;

对产品生命周期和工程活动有更好的可见度,保证产品或服务满足客户的期望;

最佳实践(如度量、风险管理和供应商管理)的杠杆作用;实践具有更强壮的高成熟度;

与相关的 ISO 标准结合更紧密。

CMMI 产品集中涉及评估的部分是过程改进的标准 CMMI 评估方法(Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement, SCAMPI)。SCAMPI 评估方法集成了基于 CMM 的内部过程改进(CMM-Based Appraisal for Internal Process Improvement, CBA IPI)评估方法的大部分特征,是指导 CMMI 的评估过程的标准评估方法。共有 3 个阶段<sup>[2]</sup>:最初的计划和准备、现场评估、报告结果。

SCAMPI 中还推荐了 3 类评估方法<sup>[3]</sup>(A 类、B 类和 C 类)供软件组织进行 CMMI 模型评估时适当选择。

本文所讨论的小型软件自评估体系基于 CMMI 的阶段式评估模型,采用 B 类评估方法。

### 3 小型软件过程评估

无论是 CMM 的标准评估方法 CBA IPI 和 SCE,还是 CMMI 的标准评估方法 SCAMPI,要按照这些模型进行一次完整评估,开销都非常大,并且周期很长。很多软件组织很难经常进行这样的评估活动,尤其小型软件组织或者中型软件组织的一个部门或项目组,由于资源和时间的限制,往往无法单独抽出 1~3 个月的时间,动员全组织人员执行一次正式的评估。即便在大型的软件组织中,执行正式的过程评估之前,也希望通过一次小规模的评估大致了解组织的过程能力状态。像 Kodak 和爱立信这样的大型企业,也使用小型评估来模拟项目级的软件过程改进(Software Process Improvement, SPI),以跟踪向更高成熟度级别的进步,并估算组织对一次完整评估的准备程度。小型过程评估(Mini-Assessment)的思想就是在这样的需求背景下提出的。

Karl E. Wiegers 于 2000 年提出了一个小型软件过程评估的框架,为中小型企业对自身软件过程能力进行快速评估,指导 SPI 活动提供了理论依据。

图 1 描述了小型评估方法(MMA)的整个过程流程<sup>[5]</sup>。大多数评估步骤有多个选项,项目领导者可选择评估组件的

多种组合来创建最适合其需要和日程安排的方法。

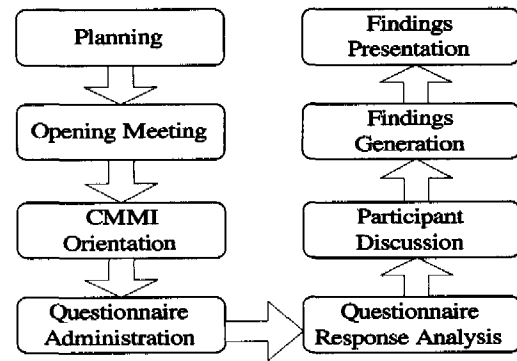


图 1 小型评估方法的流程

小型过程评估侧重比较组织内部过程与参考模型的符合度(实践的実施度),使用问卷作为主要的评估数据收集手段,忽略大部分在传统评估中耗费资源和时间的获得及验证客观实证的过程,因而具有耗费资源少、评估周期短的特点,可以很好地满足中小型组织的软件过程改进,以及大型组织快速了解内部过程能力状态的需求。小型过程评估不能产生正式的成熟等级的评估结果。使用 MMA 主要是为了启动和维持 SPI 活动,因此更注重找出合适的改进机会而不是确定成熟度级别。

使用小型评估方法来启动和维持 SPI 活动有几个好处。首先,一次小型评估对每个项目组来说所花的时间是合适的,而对组织的一次完整的评估可能对那些期限很紧的项目有影响。每个项目可以只关注它自己涉及到的过程域。其次,小型过程评估的参与者通常是被评估项目组的成员,而典型的 CBA IPI 中参与评估的是更大范围的企业的一部分成员。因此小型过程评估便于在 SPI 和 CMMI 中对所有评估参与者进行培训。再次,SEPG 成员通过在小型评估中和软件项目组的密切工作,对项目遇到的一般性挑战有更好的理解。一个大型组织使用被观察过程的缺陷模式来指导 SPI 策略的不断向前演化。通过多个项目的工作,SEPG 有机会在不同的项目之间平衡改进的过程,大大减少每个项目在改进过程中必须付出的工作量。

### 4 基于 CMMI 的小型软件过程自评估工具

#### 4.1 系统功能和特点

基于 CMMI 的小型软件过程自评估系统(MSPSA V1.0)以 CMMI 为参考模型,支持 SCAMPI 的 3 个评估阶段:评估计划和准备、执行评估、汇报评估结果。遵循小型软件过程评估的思想,以问卷为主要的的数据收集方式,产生答案分布图、过程域满意度等评估结果,为中小型软件组织提供了一个评估自身软件过程能力的途径,为制定过程改进计划或执行正式的过程评估提供参考。

对照小型软件过程评估的流程(图 1),MSPSA 主要支持下列活动:

计划。MSPSA 中,由评估发起人指定要评估的项目、选择参加评估的成员以及可以查看评估结果的成员,选择评估范围。

面向 CMMI 的培训。MSPSA 提供 CMMI 相关知识的在线帮助。

问卷管理。MSPSA 提供两种问卷:一种是 ISPI(Institute of Software Process Improvement)使用的,将问题细化到每个子实践;另一种是 SEI 使用的,仅将问题细化到每个关键实

践。两种问卷都允许答卷者对某些答案给出必要的解释说明。问卷管理模式采用每个评估参与者独立完成一套答卷。

问卷答案分析。收集到所有评估参与者的答案后,根据4.3节的评分算法,每个答题者的答案分布、每个实践的实施程度以及每个过程域的满意度以柱状图的形式给出。所有答题者对某个题目给出的答案以折线图的形式给出。

在正式执行评估的过程中,有一些用来对评估参与者进行培训、收集答题者答案、记录评估参与者意见、自动产生评估结果等的辅助工具。此外,也有一些基于CMMI的成熟的商业评估工具,如德国HM&S公司出品的CMM-Quest。与这些工具相比,MSPSA的特点主要有:

(1)支持SCAMPI3个阶段的完整流程,包括评估计划和准备、执行评估和汇报评估结果,而不是简单的数据录入和表单处理工具。而一般的评估辅助工具功能单一,仅仅用来帮助评估者做一些重复性的、记忆性的简单工作。

(2)可对多个项目进行多次评估,每次的评估结果和评估的相关信息都保存在数据库中,例如评估参与者、评估周期等,便于组织查看评估历史信息并根据这些信息进行决策。而CMM-Quest不具有查看评估历史的功能,多次评估的信息不具有连贯性。

(3)评估参考模型可扩展。由于MSPSA采用B/S架构,留有可扩展参考模型的接口,能够方便地扩展到CMM或SPICE等参考模型。而CMM-Quest仅仅基于CMMI参考模型,不具有扩展性。

(4)问卷管理功能。提供两种问卷:ISPI使用的问卷或SEI使用的问卷。前者将问题细化到关键实践的各个子实践,而后者仅仅将问题对应到每个关键实践。和CMM-Quest相比,在问卷的选择上具有更大的灵活性。

(5)既可作为单独的软件过程评估工具使用,也可以和软件生命周期中其他阶段使用的工具进行集成,共享相同的项目数据和成员数据。

#### 4.2 系统用例图

MSPSA V1.0的使用者分为4种角色:系统管理员、评估发起人、项目负责人和评估参与者,其中系统管理员主要负责用户和角色的创建与分配,评估发起人主要负责发起评估,项目负责人和评估参与者主要负责完成答卷。各角色的用例图如图2所示。

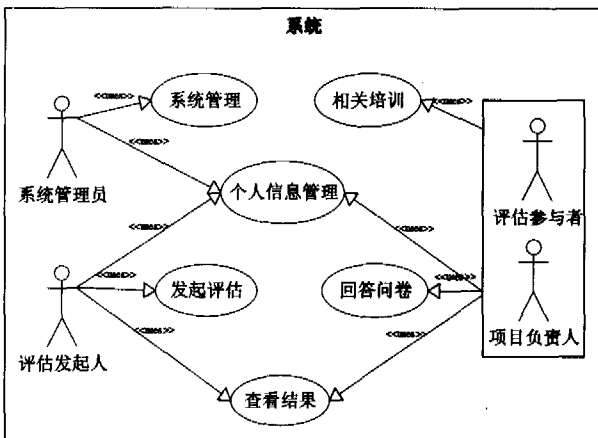


图2 MSPSA的用例图

#### 4.3 问卷组织

问卷内容按照CMMI阶段式表示中的过程域结构<sup>[1]</sup>来组织,如图3所示。

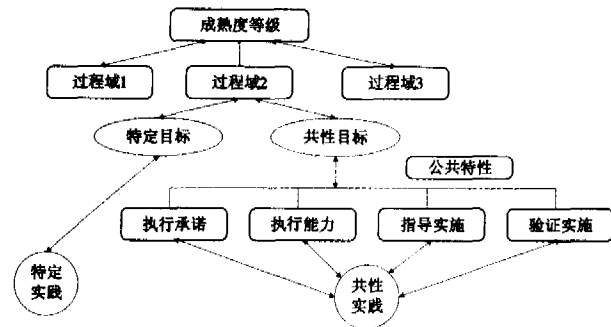


图3 CMMI阶段式模型的过程域结构

#### 4.4 评分算法

每一个问题对应一个具体的项目级实践,问题的答案表示该项目级实践的实施程度。答案选项有6种,分别是:完全实施、大部分实施、部分实施、没有实施、不适用和不知道。对于前4种选项,定量地采用百分比表示,即完全实施为86%~100%,大部分实施为51%~85%,部分实施为16%~50%,没有实施为0%~15%。而回答“不适用”和“不知道”的问题,将不被用来计算评估结果,但答题者必须以文本形式给出回答的理由。

设问题总数为 $n$ ,评估参与者总数为 $m$ ,第 $i$ 个评估参与者对第 $j$ 个问题给出的答案为 $A[i][j]$ ,其中 $i \in [1, m], j \in [1, n], A[i][j] \in [0, 100\%]$ ,有效答案个数为 $m'$ (即除去“不适用”和“不知道”的答案),则

(1)计算每个项目级实践的实施程度。通过计算所有答题者对同一题给出的答案计算平均值,得到该项目级实践的实施程度。第 $j$ 个项目级实践的实施程度为: $PS[j] = \frac{\sum_{i=1}^m A[i][j]}{m'}$

(2)计算项目级实践的方差。通过对所有答题者对同一题给出的答案计算方差,可看出答案的分散程度,由此判断该实践得出的综合结果值是否可信,可据此决定是否需要对该实践进行二次评估。方差计算公式为: $\frac{\sum_{i=1}^m (A[i][j] - PS[j])^2}{m'}$

(3)计算过程域的满意度。通过对某个过程域包含的所有实践的实施程度计算平均值,得到该过程域的满意度。设第 $k$ 个过程域共有 $l$ 个实践,其中除去答案全为“不适用”或“不知道”的实践后的数目为 $l'$ ,则第 $k$ 个过程域的满意度为:

$$AS[k] = \frac{\sum_{j=1}^l PS[j]}{l'}$$

#### 4.5 示例

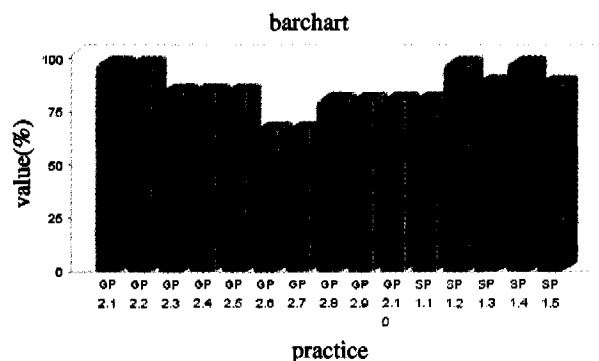


图4 “需求管理”过程域中实践实施情况  
通过对一个项目进行小型软件过程自评估(涉及CMMI2  
(下转第276页)

应用范畴。

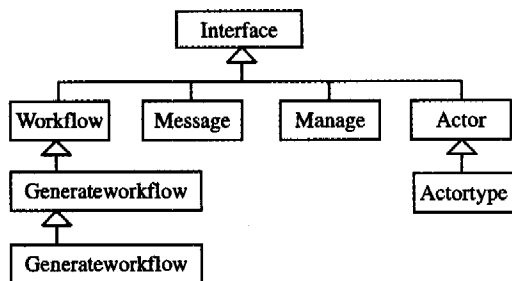


图5 办公自动化系统框架模型

**相关工作** 框架设计方法非常复杂,对其程序化一直是我们的研究重点。回归分析设计框架完成了框架的准确构建,但其它的附加内容非常多。例如,热点的形式化描述,其实例化的具体解决办法,设计模式的有效应用,框架的扩展点的处理等都是我们需要进一步研究的内容。

**结束语** 通过系统研究框架设计通用化方法,总结了一条切实可行的框架设计方法,特别是提出了通过回归验证消除热点联系的新思路,并通过设计办公自动化系统框架进行验证。事实证明是可行的而且高效。在实例化办公自动化系统中,采用了面向对象框架设计技术和面向构件技术相结合的办法,取得了良好效果。当然,对本文提出的方法只是在几个实例中进行了验证,并没有进行理论证明。尤其是设计模

式、UML-F 语言等多种理论知识和实践方法应进一步应用于本方法,使从框架设计到实例化的通用化方法更加完善。

### 参考文献

- Fontoura M, Pree W, Rumpe B. UML-F: A Modeling Language for Object-Oriented Frameworks. ECOOP' 2000, LNCS 1850, Springer-Verlag, 2000. 68~32
- 胡文慧,赵文,张世坤,等. 基于构件技术的应用框架元模型的研究. 软件学报, 2004, 15(1)
- Pree W. Hot-Spot-Driven Framework Development
- Fontoura M, Crespo S, Lucena C J. Using viewpoints to derive object-oriented frameworks: a case study in the web-based education domain. Journal of Systems and Software, 2000, 54(3): 239~257
- Oliveira T C, Alencar P S C. Software Process Representation and Analysis for Framework instantiation, IEEE. Transactions on Software Engineering, 2004, 30(3)
- Johnson RE. Frameworks = (Components + Patterns). Communications of the ACM 1997, 40(10): 39~42
- Froehlich G, Hoover H, Liu L, et al. Hooking into Object-Oriented Application Frameworks. ICSE'97, IEEE Press, 1997. 491~501
- Lewis T, et al. Object-Oriented Application Frameworks. Greenwich, CT: Manning Publications/Prentice Hall, 1995
- Goldberg A, Rubin K. Succeeding with Objects-Decision Frameworks for Project Management. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley, 1995
- Pree W. Object-Oriented Design Patterns and Hot Spot Cards. IEEE Intel. Conf. on the Engineering of Complex Computer Systems (ICECCS'97), Como, Italy, 1997

(上接第 265 页)

级和 3 级的 18 个过程域),我们搜集了所有评估参与者(共 5 人)的问卷数据。通过分析得到了问卷统计表、每个目标的满意度以及每个过程域的满意度等。

图 4 显示了过程域“需求管理”中每个实践(包括 5 个特定实践和 10 个共性实践)在该项目中的实施程度。由图可知,该过程域中所有实践的实施程度都是大部分实施或全部实施,满足所有共性目标和特定目标,因此可认为该过程域达到满意。

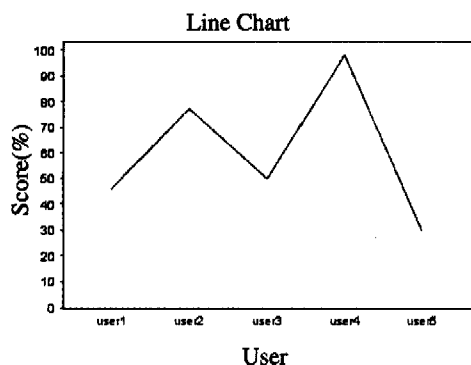


图5 “确定需求接口”实践的答案分布

图 5 显示了对于过程域“需求开发”中的特定实践“确定接口需求”,所有答卷者给出的答案分布。由图可知,不同的答卷者给出的答案差距较大(方差值较大),说明在该项目级实践的的实施状况上存在意见分歧。有必要对该实践进行再分析和评估。

**结论** MSPSA 以 CMMI 为参考模型,支持 SCAMPI 的 3 个阶段,遵循小型过程评估的思想,具有耗费资源少、评估

周期短的特点,可以很好地满足中小型组织的软件过程改进,以及大型组织快速了解内部过程能力状态的需求。MSPSA 主要的缺陷在于:①评估准确度不高。由于缺少现场取证、验证阶段,评估结果受答题者主观因素影响很大。②评估的覆盖面有限。评估考察的是组织的软件过程与参考模型相比较的实施程度。如果组织采用其他的途径达到模型中软件过程的目标,MSPSA 则无法反映。

下一步的工作集中于:完善评分算法,通过赋予不同的评估参与者以不同的权值,提高评估结果的合理性;通过赋予问题间的关联,尽量减少答题者主观因素的影响。

### 参考文献

- Carnegie Mellon Software Engineering Institute. CMMI-SM for Systems Engineering/Software Engineering, Version 1.02, Staged Representation. 2000
- Carnegie Mellon Software Engineering Institute. Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement (SCAMPI), Version 1.1: Method Definition Document. 2001
- Carnegie Mellon Software Engineering Institute. Appraisal Requirements for CMMI-SM, Version 1.1. 2001
- Carnegie Mellon Software Engineering Institute. Upgrading from SW-CMM to CMMI. 2003
- Wieggers K E, Sturzenberger D C. A Modular Software Process Mini-Assessment Method. IEEE, 2000
- Humphrey W S. Managing the Software Process. 北京:清华大学出版社, 2002
- 罗运模,谢志敏,等. CMMI 软件过程改进与评估. 北京:电子工业出版社, 2004
- Ahern D M, Clouse A, Turner R. CMMI 精粹——集成化过程改进实用导论. 北京:机械工业出版社, 2002
- 卡耐基梅隆大学软件工程研究所. 能力成熟度模型(CMM); 软件过程改进指南. 北京:电子工业出版社, 2001