

基于 CMMI 的软件度量模型研究与应用

方炯华

指导教师 林坤辉 教授

厦门大学

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学 号: X2008230099

UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于 CMMI 的软件度量模型研究与应用

The Investigation and Application of the Software
Measurement Model based on CMMI

方 炯 华

指导教师姓名: 林 坤 辉 教 授

专 业 名 称: 软 件 工 程

论文提交日期: 2 0 1 1 年 4 月

论文答辩时间: 2 0 1 1 年 5 月

学位授予日期: 2 0 1 1 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2011 年 4 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为（ ）课题（组）的研究成果，获得（ ）课题（组）经费或实验室的资助，在（ ）实验室完成。（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘 要

软件度量是软件工程的一个重要分支，通过度量反馈的信息控制开发过程，能够有效地提高软件质量和软件的开发效率。为了更好地理解和控制软件开发过程，提高软件质量，人们对于度量的需求越来越迫切。因此研究企业软件度量的管理方法，提升企业软件过程管理水平在软件产业建设中占有极其重要的地位。

CMMI (Capability Maturity Model Integrate, 软件成熟度模型集成, 以下简称 CMMI), 是美国卡内基梅隆大学软件工程研究所 (简称 SEI, Software Engineering Institute) 开发的软件开发模型, 在国际上得到了广泛认可。因此有越来越多的软件和 IT 公司已经或开始采用这些模型开展相应的过程改进工作, 来提高过程能力的成熟度, 以期使公司的软件或系统开发工作更加高效, 更具有国际竞争力, 已经成为一种潮流。

本文主要研究 CMMI 的软件度量模型, 通过度量手段加强对软件项目的进度、成本、质量的可视性, 帮助管理人员做好软件项目的跟踪和监督工作, 并对软件过程的改进提出量化的参考指标。在理论结合实际的基础上, 结合某互联网公司的项目实际, 规范项目度量目标建立、数据收集、数据分析到最终数据应用, 分析其研发过程现状, 形成支持项目决策的度量分析过程, 构架符合 CMMI L3 的项目度量标准。对互联网项目的软件度量过程实践有着实际的指导作用和参考价值。

关键词: 软件过程改进; CMMI; 软件度量

Abstract

Software quality is an important branch of software engineering. Using measurement information feedback control, it efficiently improves software quality and software development. For better understanding and controlling the software development process, even making software quality improvement, the demand of measurement has been increasing. Hence, it is an extremely significant position in enterprises that studying software measurement methods management and enhancing management capabilities.

CMMI (Capability Maturity Model Integrate), developed by the Software Engineering Institute (SEI) at Carnegie Mellon University as a software development and process improvement approach, has been widely recognized. Therefore, it is becoming a trend that an increasing amount of software and IT companies started using these models to improve the process capability maturity, aiming at more efficient and more internationally competitive software development.

This dissertation contains a series of studies of CMMI models, including strengthening project schedule by software measurement, making quality deterioration visible, assisting people monitor projects and providing quantitative reference for process improvement. Taking an instance of a project in an internet company, and processing structure of CMMI L3 project metrics has been build, ranging from data collection, data analysis and applied to analyzing the status of R & D process. This is a very excellent guidance and reference for the Internet projects.

Key Words: Software Process Improvement; CMMI; Software Metrics

目 录

第一章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 研究背景和意义	1
1.3 研究内容	1
1.4 论文结构	2
第二章 CMMI 与度量分析概述	3
2.1 CMMI 简介	3
2.1.1 CMMI 成熟度等级	3
2.1.2 CMMI 成熟度等级特点	4
2.2 度量分析	7
2.3 本章小结	8
第三章 软件度量模型概述	9
3.1 软件度量概念	9
3.2 软件度量的目的	9
3.3 软件度量模型和方法	10
3.3.1 GQ(IM) 模型	10
3.3.2 ISO/IEC 15939	11
3.3.3 PDCA 循环	11
3.3.4 IDEAL 模型	13
3.3.5 实用软件度量模型	14
3.4 本章小结	14
第四章 软件度量分析过程的建立	15
4.1 度量计划	16
4.2 度量统计	17
4.2.1 工作量数据统计	17
4.2.2 测试管理数据统计	18

4.2.3 评审管理数据统计.....	19
4.3 度量分析	20
4.3.1 工作量数据分析.....	21
4.3.2 测试管理数据分析.....	21
4.3.3 评审管理数据分析.....	22
4.4 度量提交和应用	23
4.4.1 工作量数据应用.....	24
4.4.2 测试管理数据应用.....	24
4.4.3 评审管理数据应用.....	25
4.5 本章小结	25
第五章 软件度量分析过程的应用	26
5.1 项目简介	26
5.2 制定度量计划	26
5.3 度量数据统计	27
5.4 度量数据分析	29
5.5 度量数据提交和应用	35
5.6 本章小结	36
第六章 总结与展望	37
6.1 总结	37
6.2 展望	37
参考文献.....	39
致 谢.....	41

Contents

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Preface.....	1
1.2 Background and Significance	1
1.3 Research.....	1
1.4 Dissertation Structure	2
Chapter 2 CMMI, Measurement and Analysis Overview.....	3
2.1 CMMI Overview	3
2.1.1 Maturity levels of CMMI	3
2.1.2 Feature of CMMI Maturity levels	4
2.2 Measurement and Analysis	7
2.3 Summary.....	8
Chapter 3 Software Measurement Model Overview.....	9
3.1 Concept of Software Measurement	9
3.2 Objective of Software Measurement.....	9
3.3 Model and Method of Software Measurement.....	10
3.3.1 GQ(IM Model	10
3.3.2 ISO/IEC 15939	11
3.3.3 PDCA Cycle	11
3.3.4 IDEAL Model.....	13
3.3.5 Practical Software Measurement Model.....	14
3.4 Summary.....	14
Chapter 4 Establishment of Software Measurement and Analysis Process.....	15
4.1 Measure Plan.....	16
4.2 Measure Statistics	17
4.2.1 Workload data Statistics.....	17
4.2.2 Test Management data Statistics.....	18
4.2.3 Review Management data Statistics	19
4.3 Measurement and Analysis	20

4.3.1 Workload data Analysis	21
4.3.2 Test Management data Analysis	21
4.3.3 Review Management data Analysis.....	22
4.4 Submission and Application of Measurement.....	23
4.4.1 Workload data Application	24
4.4.2 Test Management data Application	24
4.4.3 Review Management data Application.....	25
4.5 Summary.....	25
Chapter 5 Application of Software Measurement and Analysis	
Process.....	26
5.1 Project Introduction	26
5.2 Formulate Measure Plan.....	26
5.3 Metrics Data Statistics.....	27
5.4 Metrics Data Analysis.....	29
5.5 Submission and Application of Metrics Data.....	35
5.6 Summary.....	36
Chapter 6 Conclusions and Future Work	
37	
6.1 Conclusions.....	37
6.2 Future Work.....	37
References	39
Acknowledgements	41

第一章 绪论

1.1 引言

长期以来，软件产品与软件过程的分析与改进是软件企业最为关注的事情之一。作为项目/产品的开发人员，在整个软件开发过程中，从需求分析到系统构架，到编码、单元测试、系统测试，再到最终发布使用，如何把握软件过程中的质量、进度控制，将开发过程的每一部分控制在可预算范围内，主管人员往往通过经验和对人员的了解进行一个定性的分析以及结论，这样的结果往往造成企业缺乏有效的统计数据，对软件过程进行定量的分析和统计。一个生存了许多年的软件企业，却拿不出企业自身对软件产品和过程有效控制的统计数据作为评判依据，无疑说明了它在软件开发的发展方面是失败的^[1]。

1.2 研究背景和意义

CMMI (Capability Maturity Model Integrate, 软件成熟度模型集成, 以下简称 CMMI) 作为由美国 SEI (软件工程研究所) 开发的软件开发模型得到了国际上的广泛认可。因此有越来越多的软件和 IT 公司已经或开始采用这些模型开展相应的过程改进工作, 来提高过程能力的成熟度, 以期使公司的软件或系统开发工作更加高效, 更具有国际竞争力, 已经成为一种潮流。

软件度量是软件工程的一个重要分支, 通过度量反馈的信息控制开发过程, 能够有效地提高软件质量和软件的开发效率。为了更好地理解和控制软件开发过程, 提高软件质量, 人们对于度量的需求越来越迫切。

本文主要研究某互联网公司的基于 CMMI L3 过程改进过程中度量系统构建。分析其研发过程现状, 形成支持企业决策的度量分析系统。

1.3 研究内容

本文将从度量过程分析和建立这个角度出发, 研究某互联网公司的基于 CMMI L3 过程改进项目度量系统构建过程。从度量目标建立、数据收集、数据

分析到最终数据应用，构架符合 CMMI 标准的度量体系，保证企业做出正确的决策。同时也结合软件行业实情，论述软件度量的发展前景。

研究包含以下内容：

1. 学习和研究 CMMI 模型，重点研究度量分析相关过程域的要求；
2. 学习和研究业界较为成熟的软件度量模型和标准，并建立适合的度量体系模型；
3. 分析和建立度量体系，建立数据收集、分析和应用流程与规范；
4. 度量数据分析与应用。

1.4 论文结构

全文共分为六章，具体内容如下：

第一章 引出本文的研究背景和意义，以及研究的主要内容；

第二章 研究 CMMI 模型的特点，重点研究度量分析相关过程域的要求；研究业界较为成熟的软件度量模型，选择适合的度量模型；

第三章 在选择的度量模型基础建立数据收集、分析和应用流程与规范，建立项目度量标准；

第四章 在实际项目收集度量数据，分析项目度量数据，验证项目度量标准；

第五章 对软件度量的发展和未来提出改进建议和展望；

第六章 对本文的研究内容进行总结。

第二章 CMMI 与度量分析概述

CMMI 作为国际上的广泛认可的软件开发模型,它为软件产品及软件过程提供了一套完整和全面的定量表示和分析的方案,即度量分析。度量分析作为 CMMI 模型的一个过程域,描述了项目级/组织级度量目标的建立、并进行数据收集/存储/分析/报告的过程。下面本章将对 CMMI 模型和度量分析进行具体研究,为后续的工作奠定理论基础。

2.1 CMMI 简介

CMMI 的全称为: Capability Maturity Model Integration,即能力成熟度模型集成。1991 年 SEI 发布软件能力成熟度模型 SW-CMM 1.0 以来,陆续开发出多种 CMM,其中最具有影响的模型包括:系统工程能力成熟度模型(SE-CMM, SysteEngineering-CMM)、软件获取能力成熟度模型(SA-CMM, Software Acquisition-CMM)、人力资源成熟度模型(P-CMM, People-CMM)、集成产品开发能力成熟度模型(IPD-CMM, Integrated Product Development-CMM)^[2]。这些模型一方面给企业的过程改进实施带来良好指导,另一方面多种模型的存在也不可避免的在一些活动上存在不协调或者冲突,无形中增加了企业的运行成本。因此,在综合各方用户的需要和建议后,SEI 在 2000 年推出了 CMMI-SE/SW 1.02,并于 2002 年 1 月正式发布了 CMMI1.1 版本。同时宣布 2003 年后停止能力成熟度模型 CMM 体系的维护工作,转为维护 CMMI 和推荐 CMMI 认证^[3]。在 2006 到 2007 年分别更新到 CMMI for Development 1.2、CMMI for Services 1.2、CMMI for Acquisition 1.2。

2.1.1 CMMI 成熟度等级

CMMI 模型用软件能力成熟等级来衡量企业的软件工程综合能力,总共分为 1-5 个等级。从低到高分别为:初始级(Initial,第 1 级)、已管理级(Managed,第 2 级)、已定义级(Defined,第 3 级)、量化管理级(Quantitatively Managed,第 4 级)和持续优化级(Optimizing,第 5 级)^[4]。级别越高代表成熟度等级

越高，其综合软件能力也较强，反之亦然。如表 2-1 所示。

表 2-1 CMMI 能力成熟度等级

成熟度等级	等级名称
1	初始级 (Initial)
2	已管理级 (Managed)
3	已定义级 (Defined)
4	量化管理级 (Quantitatively Managed)
5	持续优化级 (Optimizing)

SEI Product Team. CMMI® for Development (Version 1.2) .2006

2.1.2 CMMI 成熟度等级特点

CMMI 成熟度五个等级的特点分别是^[2]:

1. 第一级，初始级

初始级是一种过程，为必要完成的工作以产生工作产品，并满足过程域的特
定目标。

2. 第二级，已管理级

已管理级是已执行过程，依据政策被策划及执行；任用拥有充足资源的技术
人员生产已控制的产出；涉及相关干系人；被监督、控制及审查；以及遵循过程
叙述来评估。

建立过程的需求及目标。工作产品的状态及服务交付在已定义时间点(例如：在主要的里程碑及主要工作的完成)中的管理是显而易见的。在工作执行中及相关干系人间建立承诺，必要时进行修订。

由相关干系人审查及控制工作产品，其工作产品及服务满足特定的需求。已执行过程及已管理过程间的主要区别在于被管理的程度。已管理过程是有策划的(计划可能是整合性计划的一部分)，并依照计划来管理过程的执行。当正确的结果及绩效很明显与计划脱轨时，应采取矫正行动。已管理过程达到计划的目标，且以制度化达成绩效的一致性。

3. 第三级，已定义级

已定义级是一个已管理过程，根据组织的定义指南定义组织标准过程，拥有已维护的过程叙述，并纳入工作产品、度量与其它过程改进信息至组织过程资产。

组织过程资产是与描述、执行及改进过程相关的人为产物，之所以被称为资产，是因为透过开发或迎合组织经营目标而取得，且对于期望能提供现在及未来经营价值的组织来说，也算是投资。

建立并持续改进已定义过程的基础——组织标准过程。标准过程描述已定义过程期望的基本过程元件。标准过程同时描述这些过程组件间的关系(例如：顺序与接口)。组织层面的基础架构，支持现在与未来使用已建立并持续改进的组织标准过程。

一个项目的已定义过程提供策划、执行及改进工作和活动的基础。不只有一个已定义过程(例如：一个用于开发产品，另一个用于测试产品)。

已定义过程的详细陈述如下：

- 1) 目的
- 2) 输入
- 3) 入口准则
- 4) 活动
- 5) 角色
- 6) 度量
- 7) 验证步骤
- 8) 输出
- 9) 出口准则

已管理过程与已定义过程的主要区别，在于过程说明、标准及程序的应用范围。在已管理过程中，过程说明、标准及程序应用于特定、团队或组织功能群。同一组织内，两个的已管理过程可能非常不同。

另一个主要的区别，在于已定义过程比已管理过程描述更详细，执行更严谨，这意味着改进信息更容易了解、分析与使用。最后，经由了解过程活动的相互关系，以及过程、工作产品和服务的子度量，来管理已定义过程，并提供更多的洞察力。

本文将重点研究满足这一级别要求的度量体系建设。

4. 第四级，量化管理级

量化管理级是一个已定义过程，使用统计和其它量化的技术进行控制。产品质量、服务质量及过程绩效属性，在整个中是可度量及控制的。

量化目标是根据组织标准过程的能力、组织企业的目标，与客户、最终使用者、组织及过程执行者的需要，以及提供的可用资源而设定。执行过程的人直接从事量化的过程管理。对生产产品的整体过程执行量化管理，并对整体过程绩效有重要贡献的子过程进行统计管理。针对这些已选定的子过程，搜集过程绩效的详细度量资料，并进行统计分析。再次过程变异的特殊原因，并适当搜集特殊原因的来源，以避免未来再次发生。

将质量和过程绩效的度量结果，纳入组织度量储存库，以支持未来以事实为基础的决策。

过程绩效的量化管理活动包含如下：

- 1) 再次置于统计管理的子过程；
- 2) 再次并度量产品与过程属性，该属性对质量与过程绩效有重要贡献；
- 3) 再次并处理子过程变异的特殊原因（以已选定的产品与过程属性，及已选定进行统计管理的子过程为基础）；
- 4) 以再次绩效在常态范围为目标，管理每一已选定的子过程（例如：以已选定的产品与过程属性为基础，使子过程绩效具统计稳定性与可预测性）；
- 5) 预测过程能力，以符合已建立的量化质量与过程绩效目标；
- 6) 当决定已建立的量化质量与过程绩效目标无法符合时，采取适当的矫正措施。

以上描述的矫正措施包括：改变目标，或确保相关干系人对绩效差距具量化的了解，并同意此绩效差距。

已定义过程与已量化管理过程的主要区别，在于过程绩效的可预测能力。已量化管理过程意指使用适当的统计和其它量化的技术，管理一个过程的一至多个子过程，因此可预测未来的过程绩效。已定义过程仅提供量化的可预测性。

5. 持续优化级

持续优化级是一个已量化管理过程，改变与适应已量化管理过程，以符合重要的趋势与的经营目标。优化过程透过渐进与创新的技术改进，致力于持续的过程绩效改进。再次、评估及推广那些处理过程变异的共同原因，缺陷与其它问题根本原因的过程改进和可度量的组织过程改进。以下列二者的量化了解为基础选择改进方案：过程改进方案对达成组织过程改进目标的预期贡献，以及执行时的成本和对组织的冲击。组织过程的绩效是持续改进的。

系统化管理与推广已选定的渐进与创新的技术改进至组织。根据量化过程改进的目标来度量与评估推广过程改进的效果。

优化过程，通过改变平均值或减少变异的方式改变过程，以回归稳定的状态。这些改变意图改进过程绩效，以便达成组织已建立的过程绩效目标。

已量化管理过程与优化过程的主要区别，在于优化过程通过处理过程变异的共同原因而持续改进。已量化管理过程专注于克服过程变异的特殊原因，并提出统计上可预测的结果。虽然过程或许可以产生可预期的结果，但结果本身却未必足以达成预期的目标。

2.2 度量分析

度量分析^[2]（Measurement and Analysis, MA）的目的在于发展与维持度量能力，以支持管理的信息需求。度量分析作为 CMMI 的一个独立过程域，且 CMMI 能力成熟度的第四级为量化管理级，可见 CMMI 非常注重对软件开发过程的量化管理，也可以说软件过程的度量结果是企业软件过程改进的重要依据。

度量分析过程域包括：

1. 指定度量分析的目标，并使其配合已识别的资讯需求与目标；
2. 指定度量、分析技术、数据搜集、数据储存以及报告与回馈机制；

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库