

基于 CMMI 的软件过程质量度量模型及应用

范晓哲 傅铁威 陈新世

(昆明理工大学信息工程与自动化学院, 云南省计算机技术应用重点实验室, 昆明 650093)

摘要 通过分析软件过程质量度量方法和目前软件开发的特点, 以 CMMI 理论模型为基础, 参考 GQM 模型设计了一个软件过程质量度量模型。分析模型中主要元素间的关系, 并介绍了基于该模型的软件过程质量度量实施流程。该度量模型的应用使软件质量具有可控性和可测性, 对软件企业进行软件过程改进有很大帮助, 从而开发出高质量的软件。

关键词 能力成熟度模型集成 软件过程质量度量 软件质量度量模型 软件质量度量实施

中图法分类号 TP311.5; **文献标志码** A

度量是根据一定的规则赋予软件过程或产品属性的数值或类别。数值是对软件产品、软件过程的特征的量化计数的结果, 类别是特征的定性表示。软件度量^[1]是以特定的方式对具体的软件过程进行度量的定义、方法、活动和结果的集合。现存的软件质量度量模型主要分为面向产品的质量度量模型和面向过程的质量度量模型两大类, 其中面向产品的质量度量模型主要包括 Boehm 模型、McCall 模型、ISO/IEC9126 模型等。面向过程的质量度量模型目前研究较少。

软件过程度量不仅可以有效降低产品的质量风险, 而且还可以提前对软件产品缺陷进行规避。这不仅缩短了对缺陷的反馈周期和整个项目的开发周期, 而且也大大降低了对软件产品的维护费用, 对于软件产品的整个生命周期都有很重大的意义。目前根据 CMMI 模型提供的软件过程框架对不同级别的个别软件过程进行度量, 但仅仅是对极少数软件过程进行分析, 且停留于理论上的论证而没有具体实现。

CMMI^[2]是目前在业界应用非常广泛的一套与过程改进相关的规范与标准。随着软件规模和复杂度的不断增长, 软件开发具有脑力密集型、实现

不具唯一性、隐性成本高、细节很容易被放大、质量评估很需专业的高水平等特点。那么随之而来的是软件开发风险增加、软件质量很难得到有效地控制。本文针对以上问题, 结合 GQM (Goal Question Metric) 模型^[3]给出了一个基于 CMMI 的软件质量度量模型及基于此模型的一个小应用。此度量模型对 CMMI 中关键过程域的目标和软件过程质量度量的度量目标进行了分析, 由此确定了软件过程质量的共性度量目标和分别在五个阶段里的个性度量目标, 然后根据本文提出的度量模型先确定度量目标并将度量目标分解为度量问题, 再由度量问题确定度量元, 最后实施软件过程质量的度量。

1 软件过程质量度量模型

软件质量度量模型通常是用来描述影响软件质量的特性^[4]。下面针对软件企业如何使用 CMMI 进行软件质量度量进行了研究, 并建立一个适合软件企业的软件过程质量度量模型。

按照 CMMI 的软件过程框架, 把软件过程分为五个层次, 任何一个软件过程必处于其中某个层次, 不同层次的软件过程具有不同的典型特征。在 CMMI 的过程层次描述中, 第四层是量化管理层, 该层的过程特点是通过量化信息进行过程管理。但这并不意味着只有在第四层或以上层次的过程才能进行过程性能度量。因为这与过程的成熟度没有

2011年6月23日收到

第一作者简介: 范晓哲 (1986—), 男, 山西大同人, 硕士研究生, 研究方向: 软件工程。E-mail: 526420155@qq.com。

直接关系,依据软件度量的概念,任何层次的过程都是由数据表现的,如果软件组织中有收集数据的能力,或者已经存在通过数据来计划和实施工作的方式,那么就能够实施过程质量度量,只不过很多软件组织可能由于资源和能力的限制,只能采取粒度较粗的度量。

下面以软件能力成熟度模型集成(CMMI)为基础,并结合 GQM 模型构建了一个软件过程质量度量模型,如图 1 所示。在该度量模型中,软件的过程质量决定了软件的过程能力成熟度,反过来又受软件过程能力成熟度的影响。该模型的软件过程质量度量目标与 CMMI 过程域的映射关系如图 2 所示,通过该映射关系图我们可以明确知道软件过程质量度量的度量目标为:提高资源和费用利用率、提高产品和服务质量、控制过程依从性、提高技术能力、提高生产率、缺陷管理、加快时间和进度、提高稳定性、提高评审有效性等。该度量模型将软件过程质量分解为各个阶段的过程质量,每个阶段的过程质量主要受过程的共性质量目标(和多个过程活动都相关的质量目标,如:进度、资源和费用、开发性能等)和过程的个性质量目标(只和当前的过程活动相关的质量目标)的影响,每个质量目标又可进一步分解成一个或多个要度量的问题,这为获取最后的度量元提供了基础。

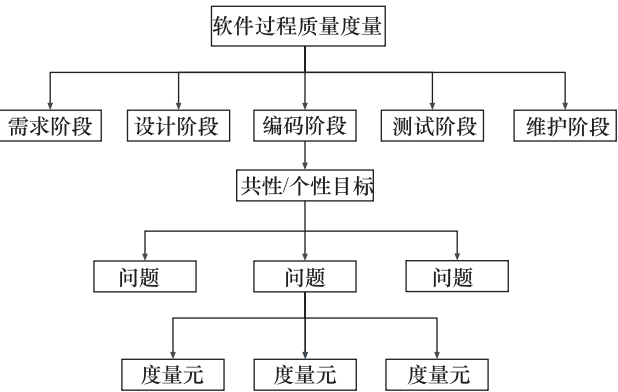


图 1 软件过程质量度量模型

对 CMMI 的一个单独的过程域而言,它给出了一系列的目标(包含特定目标和共性目标);最后,针对每一个目标,细分实践来实现,而每个实践又

可再分为具体的子实践。因此,我们要求软件过程质量目标的每个问题都要参照与同该目标有映射关系的 CMMI 过程域的目标,度量元的选取则参照相应过程域目标的实践。因此度量元能够反映关键过程域的成熟度。在该度量模型中可以将质量目标的每个问题分解到各个过程活动中,通过对软件过程能力成熟度的评估来推断软件质量,是一个面向过程的软件质量评估方法。

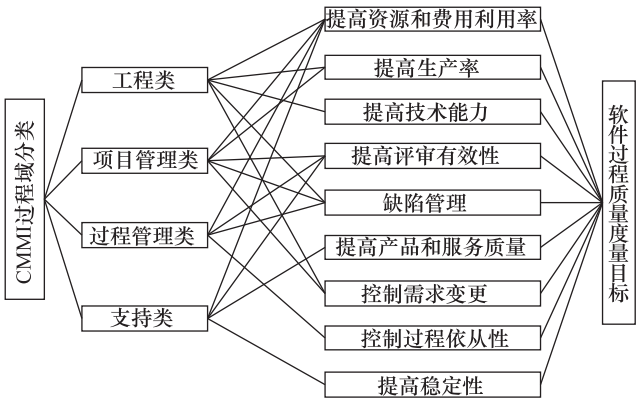


图 2 CMMI 过程域与过程质量度量目标的映射关系

对软件过程度量的改进主要从提高软件质量、提高生产效率和降低软件成本进行,这三方面涉及的共性质量目标就是软件过程质量度量目标。软件质量度量的个性质量目标是指只和当前的开发阶段相关的质量要素,因为其在不同开发阶段所产出的产品不同,其度量方法也不相同,各阶段对应的个性质量目标及与其相关的主要 CMMI 过程域如表 1,个性质量目标的每个问题都要参照与其相关的 CMMI 过程域的目标。

表 1 个性质量目标及与其相关的主要 CMMI 过程域

	个性目标	相关过程域
需求阶段	提高需求规格说明书质量	需求开发、需求管理
设计阶段	提高设计有效性	产品集成、集成项目管理
编码阶段	提高代码审查效率	项目监控
测试阶段	提高测试用例质量、提高测试环境稳定性	项目监控、原因分析与解决
维护阶段	提高问题/缺陷修复能力	原因分析与解决

表 2 缺陷管理到度量元的映射

目标	问题	度量元	度量值
	阶段缺陷清除率 DRE		
	各阶段产生和清除缺陷情况	各个阶段清除的缺陷数量 n_{j1} 各个阶段注入的缺陷数量 n_{j2} 各个阶段入口处存在的缺陷数 n_{j3}	$DRE = n_{j1} / (n_{j2} + n_{j3})$
	解决的缺陷的情况	修复响应时间 RRT 问题从发现到解决的时间 t_i 各阶段发现问题的数目 n	$RRT = (\sum_{i=0}^n t_i) / n$
管理缺陷	没有解决的问题的情况	积压管理指标 BMI 每月解决问题数目 n_0 每月报告的问题数目 n_1	$BMI = n_0 / n_1$
	缺陷是怎么产生的	产生缺陷的原因	编码原因、需求原因、 设计原因、接口原因、 原因不明

的过程分为三个阶段:阐明目标;确定过程管理问题;选择和定义相应的过程度量。确定了度量元之后把最终的度量活动集成到组织的软件过程中,然后依次进行数据采集和度量分析,然后根据分析结果对过程域进行改进。整个度量活动是一个循环迭代的过程。整个度量流程^[5]如图 3 所示。

2.1 度量计划

度量计划活动的每个阶段都是建立在前面阶段的基础上。度量计划包括以下步骤。

2.1.1 确定商业目标

根据公司自身的特点,确定其商业目标,理解它们与软件过程的联系。因为我目前实习的公司的某些软件产品会产生很多 bug,所以我们以缺陷管理作为度量的目标,并根据度量结果进行软件过程改进。

2.1.2 确定过程问题

根据提出的模型,缺陷管理与 CMMI 的工程类、项目管理类和过程管理类过程域具有映射关系,参照这些过程域的目标列出该目标的过程问题如表 2 所示。

2.1.3 选择、定义度量

对潜在问题进行分组。确定过程问题以后,就开始选择和定义度量元。可以使用目标驱动的过程度量建模方式进行度量定义。最后将已定义的度量过程与软件过程结合起来。

选择和定义度量是度量计划的核心部分,该模型的选择和定义度量根据 5 个开发阶段先确定一组目标,并将目标分为共性目标和各阶段独有的个性目标;再针对各个目标,提出可能会遇到的问题,来定义这个目标;最后,针对每一个问题再给出一组测量方法,并用这一组测量方法测量出来的数据,就是对这个问题的回答。

管理缺陷在软件开发过程中各阶段都要进行,是一个共性目标,它反映各阶段参与人员的技术水平及管理能力,也在一定程度上可以预测最终产品的质量,通过对缺陷的管理为公司将对哪个方面加强管理有很大的指导意义。需要解决的问题包括:缺陷的个数、缺陷的解决能力。表 2 是缺陷管理到

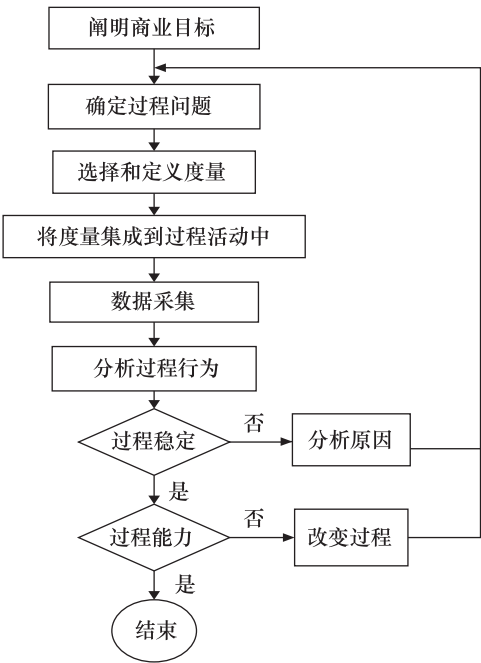


图 3 软件质量度量活动流程

2 软件度量主要活动

度量软件过程主要包括制定度量计划、将度量集成到过程中、数据收集、度量分析和过程改进五个步骤。度量活动从制定计划开始,制定度量计划

度量元的映射关系。

2.2 将度量集成到过程中

在确定了度量目标、问题、度量元之后,项目组还要讨论由谁负责收集数据,在什么时间收集数据,包括:确定个人和组织的职责;详细说明在何时何地以及怎样进行度量;定义用于记录和报告结果的规范过程;提供数据采集工具或者标准的填空表格以便于记录数据。当一切安排就序后开始采集数据。

2.3 数据收集

度量数据的采集是软件过程度量中非常重要的活动,对数据的分析以及在分析基础上采取的行动都是以采集的数据为基础。数据采集是一个过程,包括采集数据、验证数据和保存数据等活动。数据采集过程必须与定义的软件过程完整地结合起来。软件组织要对数据采集过程进行监控,确保采集到的数据及时、完整、正确和可靠。如果结果是可靠的,那么采集过程肯定是稳定的和受控制的。

存储数据的格式应该使用一种跨平台的格式,XML 是 Internet 环境中跨平台的,依赖于内容的技术,所以推荐使用这 XML 格式的文件存储数据。Dreamweaver 以及一些数据库等都可以编辑 XML 文件,网上还有一些 word 转 XML 的工具,企业可以根据具体情况选择合适的工具。

在全面实施度量前,最好首先在小范围内试验数据收集和度量计算规程,分析度量要求是否确切,尤其要检查需要主观判断的数据说明和要求是否足够清晰;检查样板度量过程的费用,修改或完善费用分析;检查所收集到的数据的准确性、度量单位的合适性、所收集到的数据之间的一致性,确认数据样本的随机性、最小样本数、相似性等。

对某软件公司开发进销存管理系统的缺陷进行跟踪,通过对公司质量管理部门的项目质量数据表的整理:将该项目在各阶段发现的缺陷数据进行整理汇总,得到表 3,表 3 中给出了该项目在每个阶段注入的缺陷数量和清除的缺陷数量。

表 3 各大阶段发现的缺陷数量

开发阶段	需求阶段	设计阶段	编码阶段	测试阶段	维护阶段
期初缺陷数	0	1	2	1	0
新增缺陷数	20	26	49	227	10
修复缺陷数	19	25	50	220	10
最后仍打开的缺陷数	1	2	1	8	0
搁置的缺陷数	0	0	0	8	0

2.4 度量分析

在度量数据分析时,应该结合度量目的、过程基线和期望值。分析时可以从支持软件过程活动的设施(方法、人员和实践)、保证软件组织具有执行和支持过程的能力(包括:技术、工具、设施和资金等)两方面展开。度量的结果以何种方式显示出来,直接关系到度量应用。企业可以根据需要生成散布图、趋势图、直方图、条形图、控制图、Parcto 图等,通过这些图表可以直观地反映过程的稳定性、变化趋势、影响过程性能的因素之间的关联等。

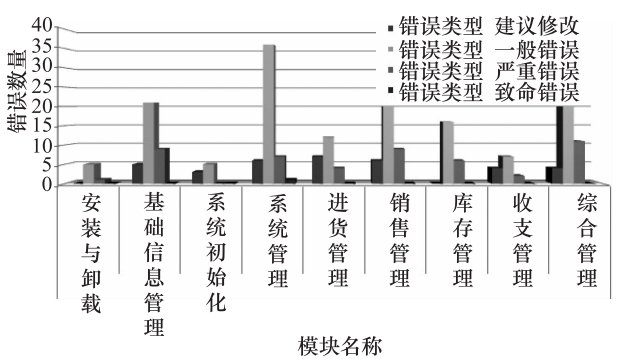


图 4 测试阶段发现缺陷的分布

由于表 3 中测试阶段产生的错误很多,所以重点研究测试阶段的缺陷数量,图 4 是测试阶段发现的缺陷分布的直方图。从图 4 可以看出系统管理模块的缺陷数量明显比其他模块多,并且经分析该模块中由于设计问题引起的错误有 20 多个,而且在整

个测试得出的缺陷中由设计引起的错误也占了 30% ,但在设计评审中发现的缺陷有两个没有解决,说明设计评审中有很多问题没有发现,所以以后要加强设计阶段的评审,让项目经理在进行设计时要更加详细,尽早发现设计中存在的问题。

2.5 改进过程

根据度量分析的结果制定过程改进方案,在制定方案时要从高层开始,综合各个层次的人的力量,围绕如何解决问题进行,同时要充分考虑方案的可靠性、实施成本和公司效益的平衡。过程改进是一个持续不断的过程,它既是度量的结果也是度量的动力,过程改进后还要通过度量验证它的可行性。在这个不断循环的过程中,使公司的过程能力不断提高、产品质量越来越好、开发进度也越来越快。

3 总结

以上都是我在某公司开始实施 CMMI 期间针对

企业进行软件过程质量度量工作进行总结,设计了一个软件企业实施软件过程质量度量的模型,在度量模型的设计、各阶段度量目标的选取、问题的设计以及度量元的确定方面都参照了 CMMI 并充分考虑了软件企业的特点。将质量目标分解到各个阶段,并把质量目标分为共性目标和个性目标,同时结合 GQM 模型,使软件过程质量度量具有更强的可操作性、更有效。

参 考 文 献

1 孔垂云. 基于 CMMI 的软件质量度量研究. 北京:北京交通大学,2009
2 何小丽. 面向中小企业的 CMMI 研究及其实现. 成都:电子科技大学,2008
3 李亚红,郝克刚,葛 玮. 基于 GQM 模型的软件项目进度的度量过程. 计算机应用,2005;25(6):1448—1450
4 郑人杰,殷人昆,陶永雷. 实用软件工程. (第 2 版),北京:清华大学出版,1997:16—17
5 Mathiassen A, Ngwenyama O K, Aaen I. Managing change in software process improvement. IEEE Software,2005;22(6):84—89

Study and Application on Software Process Quality Metrics Model Based on CMMI

FAN Xiao-zhe, FU Tie-wei, CHENG Xin-shi

(Yunnan Key Laboratory of Computer Technology, Institute of Information Engineering and Automation, Kunming University of Science & Technology, Kunming 650093, P. R. China)

[Abstract] To analyzing the software process quality measurement and characteristics of the current software development, on the basis of CMMI theoretical model and GQM (Goal Question Metric) model, then designed a software process quality metrics model, analyzed the relationship between the main elements of the model and introduced the implementation processes based on the model. Application of the model makes software quality controllable and prevision, and it is useful to improve software process of software companies, thus produce high-quality software.

[Key words] CMMI (capability maturity model integration) software process quality metrics software quality metrics model implementation of software quality metrics