

软件质量度量的量化管理模型及方法*

孙 莉, 万晓民

(东南大学 计算机科学与工程系 江苏 南京 210096)

摘 要: 如何有效提高软件质量始终是软件工程领域的研究重点, 基于软件质量度量的量化管理是保证软件质量的重要手段。从量化管理的角度分析了软件质量和软件度量之间的紧密关系, 探讨了软件质量度量的作用, 并给出软件质量度量模型的一个运用实例。

关键词: 软件质量 软件度量 度量模型

中图分类号: TP31

文献标识码: A

文章编号: 1671-532X(2005)02-0042-05

提高软件质量和改进软件过程是软件工程的重要研究课题。运用一定的软件质量度量模型和度量方法对软件质量进行度量, 分析获得的度量数据, 可以定量评估软件系统的质量, 确定软件改进的方案, 这是评估软件系统质量优劣和实施软件过程改进的重要手段。

本文研究了软件质量和软件度量之间的相互关系, 为软件质量的定量度量提供理论依据; 给出软件质量度量模型, 分析了软件质量度量的作用; 最后通过一个实例, 运用相应的软件度量模型, 进行软件质量度量, 对软件质量进行了评估。

1 软件质量与软件度量的相互关系

1.1 软件质量

(1) IEEE Std 729 给出的软件质量定义为“与软件产品满足规定的和隐含的需求的能力有关的特征或特性的全体”^[1]。

(2) 软件质量评价主要依据 3 个国际标准: ISO/IEC 9126 系列标准, ISO/IEC 14598 系列标准和 ISO/IEC 12207 标准^[2-3]。它们分别是质量模型、评价过程模型和软件工程模型的国际标准。

1.2 软件度量

(1) 软件度量: 用于确定某一软件产品质量特性值的定量测量与度量方法^[4]。它是一个活动过

程, 其输入是软件数据, 输出是一个或一组数据, 该数据可以作为软件质量具有指定属性程度的说明^[5]。

(2) 软件质量度量(SQM): 指从整体上评价软件质量, 用于软件开发过程中对软件质量进行质量控制, 并对最终软件产品进行评价和验收。

1.3 软件质量与软件度量的相互关系

通过质量控制工具对质量度量结果进行定量分析, 可以有效保证软件质量。软件质量与软件度量之间的存在着密切关系, 主要有以下一些:

1.3.1 相关性

因为质量特性值和度量值之间存在着线性系数的平方关系, 所以可以用度量值的变化来解释质量特性值的变化。软件质量评估者对获得的度量结果进行相关性分析, 可估计质量特性值, 而无需对那些质量特性进行直接的度量。

1.3.2 跟踪性

在一个给定的软件产品或程序中, 如果某个质量特性值 Q 的度量值为 M , 那么从 $Q(T_1)$ 到 $Q(T_2)$ 的变化必定会引起 $M(T_1)$ 到 $M(T_2)$ 的相应变化(两者一般是以同样的增减性方向变化。例如, Q 增加, 则 M 也会增加)。软件质量评估者对获得的度量结果进行跟踪分析, 可检测到一段时间内质量特性值的变化状况, 而无需对那些质

* 收稿日期: 2005-03-24

作者简介: 孙 莉(1974-), 女, 江苏盐城人, 盐城工学院讲师, 东南大学计算机科学与工程系在读硕士研究生, 主要研究方向: 软件质量管理和软件测试。

量特性进行直接的度量。

1.3.3 一致性

假设质量特性值 $Q_1、Q_2、\dots、Q_n$ 分别对应于软件产品或程序 $P_1、P_2、\dots、P_n$ 。若 $Q_1 > Q_2 > \dots > Q_n$ 则相应的会存在 $M_1 > M_2 > \dots > M_n$ 。软件质量评估者对获得的度量结果进行一致性分析,可及早注意到软件质量中的异常情况和软件中错误可能发生的部分。

1.3.4 预测性

如果用 T_1 时间的度量值去预测 T_2 时间的质量特性值 Q 则在 $\{Q(T_2)\}$ 的预测值 $\{Q(T_2)\}$ 的实际值 $\{Q(T_2)\}$ 的实际值 } 错误范围内对质量特性值 Q 预测是允许的。通过使用具有预测能力的度量,软件质量评估者对获得的结果进行预测性分析,在规定错误范围内预测质量特性的将来值。

1.3.5 识别力

通过对获得的度量值加以分析,一般可以辨

别出软件质量的高低。软件质量评估者对获得的度量结果进行评估分析,可对软件质量级别进行鉴定。

2 软件质量度量模型

软件质量评价主要依据三个国际标准,而 ISO/IEC 9126 标准中的软件质量评价过程是软件质量度量模型的实现机制。该标准分为 4 个部分:质量模型,外部度量,内部度量和使用质量的度量。第 1 部分给出了定性的质量模型,其余 3 部分给出了定量的外部度量、内部度量和使用质量的度量^[2]。它们之间的关系见图 1。

软件质量度量模型有很多种,其基本点在于将软件质量的概念分解为若干层次,而对于最底层的软件质量概念再引入数量化的指标,从而得到软件质量的正确评价^[5]。因为软件质量可分为外部质量和内部质量(模型见图 2^[2]),所以在进

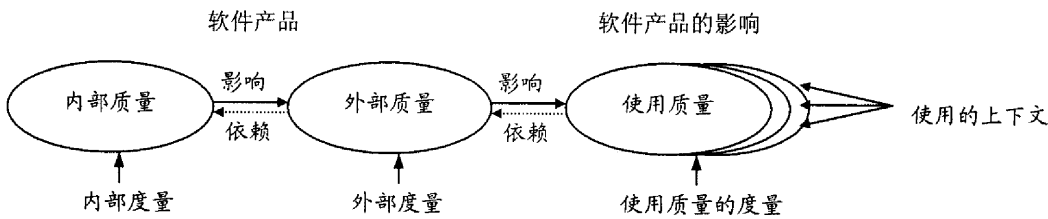


图 1 各种度量类型间关系
Fig.1 Relationship between types of metrics

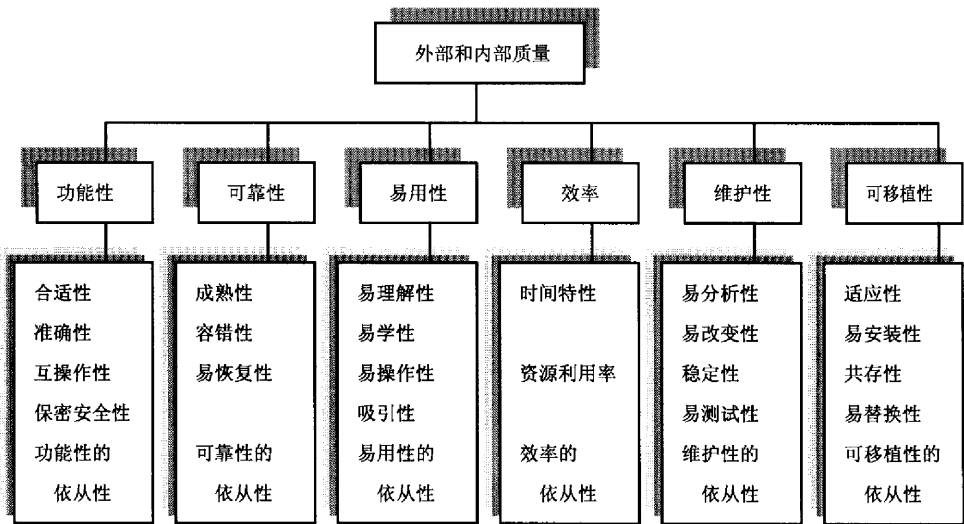


图 2 外部和内部质量的模型
Fig.2 Model of External Quality and Internal Quality

行软件度量时,也必须分别开展相应的外部度量和内部度量活动。我们可以建立“特性-子特性-度量元”的 3 层结构的软件质量度量模型(如图 3 所示^[4]),有效而又紧密的把软件质量与软件度

量联系起来。该质量度量模型将软件质量属性划分为 6 个特性:功能性,可靠性,易用型,效率,维护性和可移植性,并进一步细分为 27 个子特性。这些子特性可用内部或外部度量来测量。

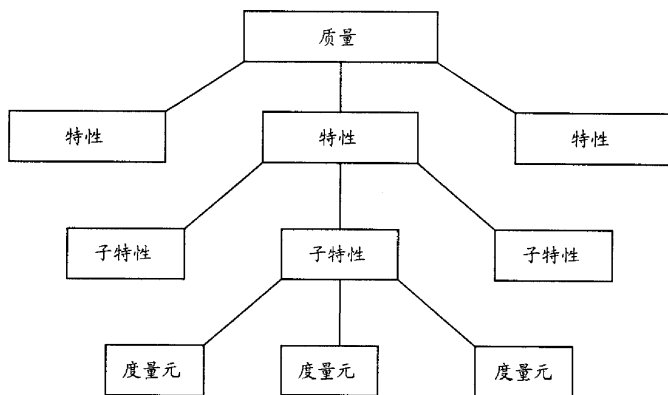


图 3 软件质量度量模型

Fig.3 Quality Measurement Model

3 软件质量度量的主要作用

在软件开发生命周期的早期阶段,软件质量度量的结果可对软件的质量特性进行预测和预算。这也是软件度量最有应用价值的两个方面。

3.1 对将来质量特性预测

3.1.1 基于回归分析的预测

若对在有效时间段内观测到的数据集进行回归分析,软件质量评估者可使用质量特性的当前值预测该质量特性将来的度量值。例如,在测试阶段中获得的 MTBF(平均失效时间)值,可以用来估计运行阶段的 MTBF 值。

3.1.2 基于相关性分析的预测

若对某个质量特性的当前值使用相关性函数,软件质量评估者可预测另一个质量特性将来的度量值。例如,编码阶段的模块复杂度,可预测维护过程中程序修改和测试所需花费的时间。

3.2 对当前质量特性预算

使用相关性分析方法,软件质量评估者可预算一个无法直接度量的质量属性的当前值,该方法也可用在其它度量项与度量目标有很强相关性的情况下。例如,因为软件产品中残留错误的数目是无法测量的,只能使用已检测到错误的数量和变化趋势来预算它。

对那些无法直接度量的质量属性值,通常采用对当前的度量项进行预算的方法而获得,主要

有如下的预算方式:模型预算;公式预算;经验预算;调整预算。

为了发现软件中哪些部分产生了偏离和异常,以及确定质量评价结果,通常对获得的软件质量度量结果,采用下列质量控制工具进行定量分析:函数的程序流程图;排列分析和排列图;柱状图和散点图;运行图、相关性图和层次图;Ishikawa(鱼骨)图;统计学方法;检查表等。

4 软件质量度量模型的实例运用

软件开发过程中,如何把各个活动阶段与其各阶段可交付使用的主要软件产品、以及相关的用于度量这些产品质量的参考模型紧密联系起来,这是软件质量度量实施中需要解决的主要问题。表 1 显示了这种联系^[6]。

在软件开发过程中,运用上述质量度量模型,软件质量度量主要有以下 5 个步骤:

4.1 质量度量需求确定

对每个在质量模型中定义的质量特性和质量子特性,可以为其定义用户要求的权重,使得软件质量评估者可以集中精力研究最重要的特性和子特性。表 2 以“易用性”质量特性为例,给出了用户要求的权重。(权重程度可用高/中/低的方式表示,权重值可用 0~9 范围内的数字表示,权重程度和权重值之间有对应关系为:0~3=低,4~6=中,7~9=高^[5])。

表 1 软件质量度量
Table1 Software Quality Measurement

	活动 1	活动 2	活动 3	活动 4	活动 5	活动 6	活动 7	活动 8
阶段	需求分析	体系结构设计	软件详细设计	软件编程和测试	软件集成和有效性测试	系统集成和有效性测试	软件安装	软件接受支持
各阶段的	用户质量需求说明书							
主要	外部质量需求说明书	体系结构	软件详细设计	软件代码测试结果	软件产品测试结果	系统集成测试结果	已安装的系统	交付使用的软件产品
产品	内部质量需求说明书							
								使用质量
度量	内部质量度量			内部质量	内部质量	内部质量	内部质量	的度量
方法	(外部质量度量可用于验证规格说明书)	内部质量度量	内部质量度量	度量	度量	度量	度量	内部质量度量
				外部质量度量	外部质量度量	外部质量度量	外部质量度量	外部质量度量

表 2 “易用性”的用户要求的权重

Table2 User Needs Weights of Usability			
质量特性	质量量子特性	权重程度	权重值
易用性	易理解性	中	5
	易学性	低	3
	易操作性	高	9
	吸引力	中	5
	易用性的依从性	高	8

4.2 制定软件质量度量规格说明书

对于在质量模型中定义的每个质量量子特性 , 不仅需要确定使用何种度量方式 , 还必须对每个质量量子特性都标识要求的评定等级 , 以便满足在第 1 步中设定的质量需求 , 并按表 3 的例子加以记录。(表中的度量可以从度量模型的度量元库中选择)

表 3 质量度量表

Table3 Quality Measurement Tables of Usability				
质量特性	质量量子特性	度量	要求的级别	实际结果
易用性	易理解性			
	易学性			
	易操作性			
	吸引力			
	易用性的依从性			

注意 : 在这个过程中 , 有些行的内容将会是空的 , 因为在开发过程的早期不可能度量所有的质量量子特性。

万方数据

4.3 设计软件质量度量计划

制定一个度量计划 , 包括一些可交付项 , 它们可以用作需要运行的度量和测量过程的输入。

表 4 度量计划

Table4 Measurement Plan of Usability				
质量特性	质量量子特性	要度量的可交付项	应用的内部度量	应用的外部度量
		1.	1.	1.
易用性	1. 易理解性	2.	2.	2.
		3.	3.	3.

4.4 执行软件质量度量

执行质量度量计划 , 填写表 3 中的每一列。

4.5 软件质量度量结果处理

一旦表 1 中所要求的度量全部完成 , 并且度量结果也以文档报告的形式保存后 , 就可以比较报告数据与软件质量需求和度量规格说明中规定的期望值 , 确定软件中需要进行质量改进活动的区域 , 以便更好的满足用户的需要。

5 结束语

以软件质量定量管理为目标的软件质量度量是实施软件工程方法的核心。首先 , 运用正确的软件质量度量模型 , 可对软件质量进行有效的定量管理和评估 , 提出软件过程改进方案 , 有助于提高软件质量 ; 其次 , 分析软件测试与软件质量之间的对应关系时 , 就必须利用度量结果这个桥梁进行数据统计和评估 , 使得软件测试度量结果可以准确反映出软件质量指标的满足程度和需要改进

的内容 ,而软件质量度量结果则可以为软件测试 进行更深入的研究 ,使度量过程足够简单 ,与开发
的测试用例的设计提供指导性意见^[5]。我们应该 活动密切结合 ,使之成为开发不可分割的部分。

参考文献 :

[1] Roger S Pressman. 软件工程—— 实践者的研究方法 [M]. 北京 :机械工业出版社 ,1999.
[2] SO/IEC 9126 - 2 Software Engineering - Product Quality - Part 2 [S].
[3] ISO/IEC 12207 :Information Technology - Software Life Cycle Processes First Edition[S].
[4] 程杜平 ,钱红兵.软件质量与度量[J].计算机工程与应用 ,2002 (7) :80 - 83.
[5] 洪伦耀 ,董云卫.软件质量工程 [M]. 西安 :西安电子科技大学出版社 ,2004.
[6] 梁成才 ,汤伟 ,肖丽雯 ,陈海燕.软件质量的定量评定方法 [J]. 计算机工程 ,2003 (8) :95 - 97.
[7] 石柱 ,白璐玲. IEEE Std 1061《IEEE 软件质量度量方法学标准》简介[J]. 航天标准化 ,2000 (2) :45 - 47.
[8] 吴超英 ,刘超.软件产品质量保证过程度量的实用准则[J]. 计算机工程与应用 ,2001 (12) :73 - 77.

Research on Methods and Model of Software Quality Measurement

SUN Li ,WAN Xiao - Min

(Department of Computer Science and Engineering , Southeast University , Nanjing 210096 , China)

Abstract :How to improve software quality plays a very important role in software engineering. The management based on software measurement with quantity is the most effective means to guarantee software quality. The paper analyses the relation between software quality and software measurement ,discusses the function of software measurement ,and puts forward a kind of software measurement model.

Keywords :software quality ;software measurement ;software quality measurement ;measurement model