

软件测试中可靠性模型的设计与研究

贾冀婷

(西安邮电大学 计算机学院, 陕西 西安 710121)

摘要:软件测试是保证软件质量和提高软件可靠性的关键所在,而软件可靠性是衡量软件质量的重要指标之一,二者有着非常紧密的联系。软件可靠性模型既是软件可靠性进行定量分析的基础和保障,也是软件可靠性进行预测的核心和关键,对保证软件质量起到了非常重要的作用。文中结合软件测试与软件可靠性及其模型的相关理论,通过对 Seeding 模型的分析与改进,提出了一种适用于软件测试的可靠性模型。实验结果表明,使用文中提出的软件可靠性模型能较好地满足软件对可靠性评估的要求,较好地应用在软件测试中。

关键词:软件测试;软件可靠性;可靠性模型;种子模型;排错水平

中图分类号:TP311

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)03-0110-03

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.03.028

Design and Research of Software Reliability Model in Software Testing

JIA Ji-ting

(Department of Computer, Xi'an University of Posts and Telecommunications, Xi'an 710121, China)

Abstract: Software test is an important step that guarantees software quality and improve reliability, and the reliability is a software quality's important characteristic. They have very close connection. The software reliability model is not only quantitative analysis foundation of software reliability, but also the reliable forecasting core and key. It plays a very important role in software quality assurance. Combined software test and reliability and relevant theory of model, with study and improving of Seeding model, present the model of reliability suitable for software testing. Experiment has proved that this model of software reliability can better meet the need of estimating software reliability, applying in software testing effectively.

Key words: software testing; software reliability; reliability model; Seeding model; level of eliminating errors

0 引言

随着计算机技术的飞速发展,计算机软件的规模和复杂性不断增加,软件质量及可靠性的问题也随之日益凸显起来。因此,软件可靠性及其模型受到了广泛关注 and 高度重视。软件测试是保证软件质量和提高软件可靠性的关键所在^[1],而软件可靠性则是衡量软件质量的重要指标之一^[2-3],二者有着非常紧密的联系。只有将软件测试与软件可靠性二者紧密联系在一起,才能促使双方共同发展。软件可靠性模型既是软件可靠性进行定量分析的基础和保障,也是软件可靠性进行预测的核心和关键,对软件可靠性的评估起着核心作用,从而对保证软件质量起着非常重要的作用^[4]。

软件可靠性及其模型的研究在 20 世纪 70 年代获得了较大发展,之后发表了许多软件可靠性模型。但

是,在已发表的众多软件可靠性模型中,目前还没有一个通用的模型能够对所有软件及其生命周期的各个阶段都能做出准确的可靠性预测^[5]。尤其是估计软件中存在的错误数的软件可靠性模型相对比较匮乏,而且这一类的模型相对来说预测精度偏低、实际操作性差,很难达到理想的预测效果。

文中针对估计软件中存在的错误数的软件可靠性模型预测效果不理想这一问题,结合软件测试与软件可靠性及其模型的相关理论,通过对 Seeding 模型的分析与改进,提出了一种适用于软件测试的可靠性模型。

实验结果表明,使用文中提出的可靠性模型能有效地满足在软件测试过程中对可靠性进行评测的需要,对软件中存在的错误数进行预测的结果较为理想,较好地应用在软件测试中。

收稿日期:2013-05-08

修回日期:2013-08-18

网络出版时间:2014-01-07

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61050003);陕西省科技攻关计划项目(2009K08-26);陕西省教育自然科学基金项目(09JK727)

作者简介:贾冀婷(1978-),女,河北徐水人,工程师,硕士,研究方向为软件测试、智能优化算法。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140107.1525.024.html>

1 软件可靠性模型

软件可靠性及其模型起始于 20 世纪 70 年代初,随后发表了大量的软件可靠性模型,并且从 20 世纪 90 年代开始软件可靠性充分地应用在了实际的工程中。软件可靠性的定义有很多种,其中 ISO/IEC9126-1991 对软件可靠性的定义为:软件可靠性是软件在规定的時間间隔及给定的环境条件下,按设计要求,成功地运行程序的概率。在此定义中,“环境条件”指的是软件的使用环境;“時間间隔”指的是软件系统每次启动运行后计算机挂起与工作的累积时间;“成功地运行”指的是不仅程序能正确地运行,而且当程序在出现问题后能尽快恢复正常,并保持系统数据的一致性和完整性^[6]。

在软件可靠性的发展过程中,软件可靠性模型占据着非常重要的地位。软件可靠性模型是指为了预计或估算软件的可靠性所建立的可靠性框图和数学模型^[7]。软件可靠性模型是根据软件测试所提供的软件中的错误数据,来估算软件的可靠性,并对软件未来的出错行为进行预测,为监督软件开发过程、辅助软件过程管理提供了保障。

软件可靠性模型通常由模型假设、性能度量、参数估计和数据要求这四部分组成。其中,模型假设表示软件可靠性模型中包含了若干与实际情况基本相符的假设;软件可靠性模型的输出量为性能度量,通常用数学表达式表示;参数估计是指对于无法直接获得的可靠性度量值需要通过参数估计的方法得到;数据要求是指软件可靠性模型需要有一定的输入数据。

软件可靠性模型无论属于哪种类型,都具有与所使用的程序设计语言无关、与所使用的具体的软件开发方法无关这两个特点。

软件可靠性模型作为实施可靠性评估和预测的有效手段,得到了广泛的探索。第一个软件可靠性模型是在 1972 年由 Jelinske 和 Moranda 提出,随后大约有 100 多个软件可靠性模型公开发表^[8-10]。其中最著名的包括 J-M 模型、G-O 模型、Nelson 模型以及 Seeding 模型等等。

软件可靠性模型目前还没有一个完整、科学和系统的分类方法,学者们提出了很多种不同的分类方法。因此,软件可靠性模型可根据应用阶段、模型的假设、随机性、采用的数学方法等不同的角度进行分类。以下是根据应用阶段来进行的分类^[7,11-12]:

(1) 应用在软件的开发阶段:J-M 模型、Musa 模型、Shooman 模型、Littlewood-Verral 模型等。

(2) 应用在软件的验证阶段:Nelson 模型。

(3) 应用在软件的操作运行阶段:马尔可夫过程模型。

(4) 应用在软件的测试阶段:Seeding 模型、Halstead 模型。

2 软件测试中可靠性模型的设计与实现

2.1 Seeding 模型的定义

衡量软件质量的重要指标中软件中存在的错误数是较为重要的一项,它对整个软件测试过程的计划和安排都具有非常重要的意义。Seeding 模型就是一种估算软件中存在的错误数的软件可靠性模型,它具有简单、直观、易操作等优点。

Seeding 模型^[12],即种子模型,是根据估算池塘中鱼的数量所用的方法得到的。其基本原理是假定在池塘中有 N 条未知数量的鱼,为了估算这一未知数量 N ,进行如下操作:首先从池塘中随机取出鱼 N_i 条,并给这些鱼都作上相同的标记,然后将其放回到池塘中并与池塘中的其他鱼充分混游。混游一段时间后,再次从池塘中随机地取出 n 条鱼,其中包括 n_i 条带标记的鱼和 $n - n_i$ 条无标记的鱼。假定池塘中带标记和不带标记的鱼被捕获的概率相同,因此,样本中带标记鱼的比例应该等于整个鱼塘中带标记鱼的比例。从而得到如下关系式:

$$\frac{N_i}{N} = \frac{n_i}{n} \quad (1)$$

因此,鱼塘中鱼的数量 N 的计算公式如下:

$$N = \frac{n}{n_i} N_i \quad (2)$$

2.2 Seeding 模型的应用

1972 年 H. D. Mills 将 Seeding 模型应用于估算软件中的错误数。其基本原理为假定在开始排错前待测软件含有 N 个未知错误,在排错人员不知道的前提下,向程序中再置入 N_i 个错误。经过一段时间的排错,所得到的软件错误可分为两类,一类是置入性错误共 n_i 个,另一类是程序中固有的错误共 n 个。可根据以下公式计算软件中的错误数 N :

$$N = \frac{n_i + n}{n_i} N_i \quad (3)$$

然而,由于无法保证置入性错误的规律与程序中固有的错误的规律是一致的,并且也无法用于自动测试,这个方法所作的实验并没有得到任何结果。

因此,Hyman 提出了一种新的估算程序中错误数量的方法。其基本原理为假设由两个(或多个)软件排错人员同时对同一程序分别独立的进行排错。安排第一个排错人员完成软件的全部排错工作,安排第二个排错人员只是从开始进行一段时间的排错工作。在经过一段时间后,由一位分析员来评价他们的排错情况,可根据 Seeding 模型给出的公式来估算软件中的错

误数。这样的估算每隔一段时间进行一次,直到得到合理的估值为止。这时第二个排错人员停止排错。这样,该程序的排错工作在进行了一段时间以后,就可以得到程序中错误数量的合理估值。

- 此模型需满足如下假设:
- 1) 在整个排错过程中排错人员应独立进行排错,不交流软件有关信息。
 - 2) 在整个排错过程中错误的特性应保持不变。
 - 3) 所有软件缺陷的触发概率都是相等的。
 - 4) 在排错过程中不得引入新的错误。
 - 5) 排错过程是随机进行的。

基于以上假设,可以得到软件中的错误数估计值 B_0' 的计算公式如下所示:

$$B_0' = \frac{B_1 * B_2}{B_c}$$

(4)

其中: m 为软件测试时间; B_0 为 0 时软件中的错误数,即在排错前待测软件中含有的错误总数,其估计值为 B_0' ; B_1 为从 0 到 m 这段时间内,第一位排错人员排查出的软件错误数; B_2 为从 0 到 m 这段时间内,第二位排错人员排查出的软件错误数; B_c 为从 0 到 m 这段时间内,这两位排错人员排查出的相同错误的数量。

以上就是对 Seeding 模型的几种典型应用。

2.3 Seeding 模型的改进

Hyman 提出的模型,虽然可以在一定程度上估算出软件中错误的数量,但是其值还不够精确。因此,为了建立更适用于软件测试的可靠性模型,需要对 Seeding 模型进行一定的改进。在软件排错过程中,每个排错人员排出错误的准确性和有效性直接影响着模型计算软件中错误数估计值的准确性。排错人员排出的错误越准确,模型计算出的软件中错误数的估计值越准确;反之,排错人员排出的错误越不准确,模型计算出的软件中错误数的估计值越不准确。所以,每个排错人员排出错误的准确性和有效性直接影响着模型计算软件中错误数估计值的准确性。文中则根据以上这种排错人员排出错误的准确性和有效性与软件中错误数估计值之间的关系,对 Seeding 模型进行了如下改进,其表达式为:

$$B_0' = \frac{\left(1 + \frac{1}{k_1}\right) B_1 * \left(1 + \frac{1}{k_2}\right) B_2}{\left(1 + \frac{1}{k_c}\right) B_c}$$

(5)

其中: k_1 表示第一位排错人员的排错水平; k_2 表示第二位排错人员的排错水平; k_c 表示两位排错人员的平均排错水平,即 $k_c = \frac{k_1 + k_2}{2}$ 。

可以采用软件机构成熟度模型(CMM)来度量排错人员的排错水平。它将软件机构的成熟度分为 5 个

等级:初始级、可重复级、已定义级、已管理级和优化级。因此这里可将排错人员的排错水平粗略地分为:1、2、3、4、5 这五个等级。文中改进的模型对排错人员的排错结果赋予了参数,来调节排错结果的准确性。根据文中改进的模型可以看出,排错水平越高,参数对其排错结果影响越小;排错水平越低,参数对其排错结果影响越大。

3 模型的初步评价

- 文中改进的模型具有如下特点:
- (1) 以简单的数学公式阐明了软件可靠性与软件可靠性因素之间的关系,具有简单、直观、设置参数少等特点。
 - (2) 适用范围广,可用于整个软件周期及软件周期的每个阶段。
 - (3) 较好地指导相关人员进行软件可靠性分配。
 - (4) 较好地指导相关人员进行软件可靠性管理。
- 为了对文中改进的模型进行评价,文中给出一个软件可靠性预测的实例。

某软件由 C 语言写成,含 20 000 条可执行的指令源代码,共存在约 80 个错误。分别进行了 3 组实验,每组由两个软件排错人员独立的进行排错,测试一段时间后,分别由 Hyman 提出的模型公式(4)和文中改进的模型公式(5)计算得到软件中错误数的估计值,实验结果如表 1 所示。

表 1 文中改进模型与 Seeding 模型的实验结果比较

	第一个排错人员		第二个排错人员		两个排错 人员共同 排错数	错误数估计值	
	排错水平	排错数	排错水平	排错数		公式(4)	公式(5)
第 1 组	5	44	4	37	26	63	77
第 2 组	4	38	3	35	23	58	75
第 3 组	3	36	3	32	19	61	81

实验结果表明,文中改进的模型计算出的软件中错误数的估计值比 Hyman 提出的 Seeding 模型计算出的软件中错误数的估计值效果更好。文中还进行了多次类似的实验,均为文中改进的模型计算出的软件中错误数的估计值效果更好。

4 结束语

文中提出的软件可靠性模型具有简单、直观、设置参数少、适用范围广等特点,实验结果表明,能较好地满足软件对可靠性评估的要求,对软件中存在的错误数进行预测的结果较为理想,较好地应用在软件测试中。并且,文中提出的软件可靠性模型对软件可靠性管理及分配具有一定的指导作用。因此文中提出的软件可靠性模型具有较强的实用性。

密码算法的输入输出数据。

3.2.3 产品评测

开展密码产品评测。评测应用系统所使用的密码算法是否符合国家密码管理局批准使用的算法,密码设备和密钥的使用过程是否符合国家法律法规要求,所使用的密码设备或密码软件是否具有相关的产品资质,是否符合其标称的规格参数,是否满足应用要求,如功能参数、性能参数、环境参数等。

4 结束语

该研究构建了以密钥管理体系及标准,密钥监控与分析系统和密钥安全性检测平台为基础的统一密钥支撑体系,通过试点建设,成功地解决了企业密钥使用中存在的实际问题与需求,为业务系统的密钥应用提供有效的服务与支撑,为移动化和互动化终端提供适用的密钥选型与灵活的密码服务机制,提高密钥管理能力及效率,提升密钥安全应用水平,增强业务应用安全防护能力,可在国家重要行业和大型企业的信息安全防护工作起到引领和示范效果。

参考文献:

[1] Steve G A. 公开密钥基础设施-概念、标准和实施[M]. 冯登国,译. 北京:人民邮电出版社,2001.

[2] Mao Wenbo. 现代密码学理论与实践[M]. 王继林,伍前红,译. 北京:电子工业出版社,2006.

(上接第112页)

参考文献:

[1] Gallagher M, Narasimhan V L. ADTEST: A test data generation suite for Ada software systems[J]. IEEE transactions on software engineering, 1997, 23(8): 473-484.

[2] 刘磊, 邹黎敏, 胡兴凯, 等. 基于模块化的软件可靠性模型[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2010, 35(2): 100-102.

[3] 谈维新, 沈元隆. 考虑测试效率的软件可靠性模型研究[J]. 计算机技术与发展, 2011, 21(8): 67-70.

[4] 张玲, 袁娜, 马永刚, 等. 基于测试用例和时间域软件可靠性模型[J]. 计算机技术与发展, 2009, 19(11): 167-170.

[5] Lyu M F. Handbook of software reliability engineering[M]. USA: McGraw-Hill Companies, 1996.

[3] 艾俊, 吴秋新. 可信计算密码支撑平台中的密钥管理技术研究[J]. 北京信息科技大学学报, 2009, 24(4): 92-96.

[4] 杨波. 可信计算平台密钥管理机制的应用与研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2008.

[5] 全国信息安全标准化技术委员会. GB/T 20518-2006 信息安全技术公钥基础设施数字证书格式[S]. 2006.

[6] 全国信息安全标准化技术委员会. GB/T 20520-2006 信息安全技术公钥基础设施特定权限管理中心技术规范[S]. 2006.

[7] 许丽京. 可信计算技术安全协议与密钥管理研究[J]. 数据通信, 2007(2): 41-45.

[8] 张森, 杨昌, 孙琪, 等. 可信计算平台中的密钥管理[J]. 楚雄师范学院学报, 2006, 21(9): 17-22.

[9] 同鸿滨. 密钥托管系统的研究与设计[D]. 成都: 四川师范大学, 2006.

[10] 庄湧. PKI 中的可验证部分密钥托管[J]. 计算机学报, 2006, 29(9): 1584-1589.

[11] 谢颖莹. 基于 PKI 的身份认证系统的研究与实现[D]. 北京: 华北电力大学, 2006.

[12] 刘知贵, 杨立春, 蒲洁, 等. 基于 PKI 技术的数字签名身份认证系统[J]. 计算机应用研究, 2004, 21(9): 158-160.

[13] 史创明, 王立新. 数字签名及 PKI 技术原理与应用[J]. 微计算机信息, 2005, 21(8): 122-124.

[14] 魏家好, 侯整风. 基于(n, r)门限的密钥恢复方案[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(10): 134-136.

[15] 王平水. 公钥密码体制及其安全性分析研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2006.

[6] 黄锡滋. 软件可靠性, 安全性与质量保证[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.

[7] 刘丹. 软件测试及可靠性研究[D]. 长春: 长春理工大学, 2009.

[8] 腾灵灵, 邵栋, 荣国平. 软件可靠性模型选择研究[J]. 计算机应用与软件, 2010, 27(6): 128-131.

[9] Musa J D. 软件可靠性工程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.

[10] Sommerville L. Software engineering[M]. 8th ed. Beijing: China Machine Press, 2007.

[11] 魏传程. 软件可靠性建模及最优化问题研究[D]. 燕山: 燕山大学, 2010.

[12] 苗扬. 软件可靠性测试与评估方法的改进[D]. 上海: 上海交通大学, 2009.

软件测试中可靠性模型的设计与研究

作者：[贾冀婷, JIA Ji-ting](#)

作者单位：[西安邮电大学 计算机学院, 陕西 西安, 710121](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

ISTIC

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年, 卷(期): 2014(3)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201403028.aspx