

一种改进的 Web 软件非功能需求模型^{*}

罗新星, 宁上鹏, 赵玉洁
(中南大学 商学院, 长沙 410083)

摘要: 针对 Web 软件非功能需求的复杂性, 基于 ISO/IEC 9126 模型以及 Web 软件属性图, 对基于 ISO 的 Web 软件非功能需求模型进行改进。由于已有的模型不具备明显的解释功能, 所以将 Web 软件所特有的非功能需求属性添加进原有模型对其进行改进, 将原有模型中的 12 个子属性扩充为 18 个子属性, 进而利用问卷调查确定原有模型与改进模型中各属性的评价价值, 应用因子分析法计算出各属性的因子载荷与因子累计贡献率。结果表明, 改进后的模型能更好地解释 Web 软件的非功能需求。

关键词: Web 软件; 非功能需求; 模型

中图分类号: TP311 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2013)05-1432-03

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2013.05.037

Improved Web software non-functional requirements model

LUO Xin-xing, NING Shang-peng, ZHAO Yu-jie
(Business School of Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: According to the complex non-functional requirements of Web software, based on ISO/IEC 9126 model and Web software attribute graph, this paper made the improvement of Web software non-functional requirements model based on ISO model. Because the existing model did not have obvious explanation function, therefore, increased the Web software unique non-functional attributes to the original model, made the original model extended from 12 attributes to 18 attributes, and then used questionnaire survey to determine each attribute value evaluation of original model and the improved model, it used factor analysis to calculate each attribute factor loading and factor cumulative contribution rate. Finally, the results show that the improved model can better explain Web software non-functional requirements.

Key words: Web software; non-functional requirement; model

Web 软件^[1]是软件网络化越来越明显的趋势下诞生的一种新型软件系统。随着 Web 软件在应用中越来越普遍, Web 软件的开发要求也越来越高, 除了满足用户各种功能需求之外, 还必须满足用户的非功能需求(NFRs)。因此, 非功能需求分析成为 Web 软件开发中亟待解决的问题。NFRs 有广义及狭义两种定义, 本文对 NFRs 取狭义的定义, 即系统必须具备的属性、特性和约束。它描述的不是软件所做内容, 而是软件满足的性质。

目前针对 Web 软件 NFRs 已经进行了一些研究。Grigoriadis 等人^[2]用基准测试的方法来评估用户的 Web 软件 NFRs 满意度, 但评估准则相对分散, 模型不具结构性。Tian 等人^[3]就网络视频进行了属性评估, 只能算是一种特例研究。Xiao 等人^[4]利用灰色关联分析来研究 Web 软件的属性, 对象仅为 Web 软件质量属性, 并不能代表 Web 软件的非功能需求。Nabil 等人^[5]以 ISO/IEC9126 模型为基础, 提出了 Web 软件属性的基本概念模型, 但研究并未对该概念模型进行验证。Behkamal 等人^[6]提出了 Web 软件属性图, 利用该图评估 B2B 电子商务系统的非功能需求满意情况。为了更好地阐述 Web 软件非功能需求, 本文提出一种改进的 Web 软件非功能需求模型。

1 Web 软件非功能需求模型提出基础

1.1 ISO/IEC 9126 模型

ISO/IEC 9126 模型是目前最广泛采用的软件非功能需求研究基础, 分为外部属性、子属性和度量三个层次; 提出六大属性: 实用性(functionality)、可靠性(reliability)、易用性(usability)、效率(eficiency)、可维护性(maintainability)、可移植性(portability), 以下分 21 个子属性。如图 1 所示。其中, TBE(time based efficiency, 时间效率)、RBE(resource based efficiency, 资源效率)。ISO 模型是国际标准, 可靠性高, 维度划分合理, 可作为本研究的基础。

1.2 Web 软件属性图

文献[6]提出的 Web 软件属性图包括安全性(security)、可扩展性(scalability)、效率(eficiency)、可访问性(accessibility)等属性, 这些属性均为 Web 软件的非功能属性。如图 2 所示。

该研究在现今关于 Web 软件 NFRs 研究中比较有代表性, 图中的 Web 软件非功能属性在新的研究成果中也得到验证。例如, 可追踪性、可定制性、易恢复性等是 Nabil 等人^[5]提出

收稿日期: 2012-08-20; **修回日期:** 2012-10-12 **基金项目:** 国家自然科学基金资助项目(90818014); 国家自然科学基金委创新群体项目(70921001/G0104)

作者简介: 罗新星(1956-), 男, 湖南邵阳人, 教授, 博导, 主要研究方向为管理信息系统(star@mail.csu.edu.cn); 宁上鹏(1989-), 男, 湖南邵阳人, 硕士, 主要研究方向为 Web 软件; 赵玉洁(1986-), 女, 甘肃兰州人, 博士, 主要研究方向为可信软件。

Web 软件概念模型中的主要属性,这些属性在 ISO 模型中均未提及,具有重要参考价值,它为本研究提供了很好的素材。

1.3 基于 ISO 的 Web 软件非功能需求模型

ISO/IEC9126 模型是一个国际标准,较全面地反映了软件的各方面属性,可靠性不容置疑。罗新星等人^[7]考虑到 Web 软件非功能需求主要关注外部使用满意度,因此选择软件的外部属性而不是内部属性,提出了基于 ISO 的 Web 软件非功能需求模型,如图 3 所示。

可以看出此模型只是简单地在 ISO 模型上进行修改,并未考虑到 Web 软件的特性,过于粗陋。

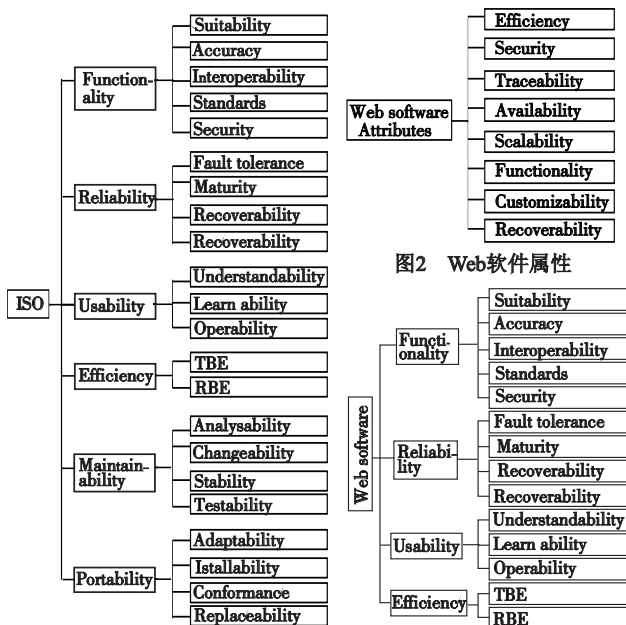


图1 ISO/IEC9126模型属性与子属性结构

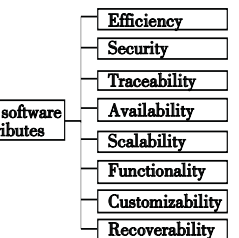


图2 Web软件属性

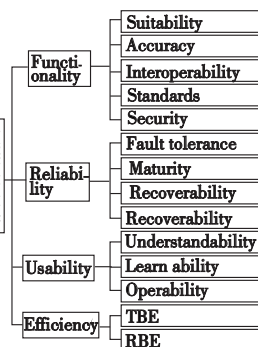


图3 基于ISO的Web软件非功能需求模型

1.4 本研究模型构建设想

ISO/IEC9126 模型只是概括了一般软件的通用属性,它推出时 Web 软件尚未出现,不可能预先反映其中。本研究提出的模型设想是以 ISO/IEC9126 模型为基础,结合对 Web 软件非功能研究的成果,以此为基础,对基于 ISO 的 Web 软件非功能需求模型进行改进。本文构造出了结构良好的反映 Web 软件特殊性的比较完整的 Web 软件 NFRs 模型。以下介绍该模型的属性及子属性的选择以及改进的具体过程。

2 Web 软件非功能属性及子属性选择

2.1 Web 软件非功能属性及子属性选择原则

在本模型属性及子属性的选择过程中,遵循以下原则:a) Web 软件非功能需求主要关注外部使用满意度,主要选择软件的外部属性而不是内部属性;b)考虑到 Web 软件均在网络环境下运行,用户尤其关心个人信息的保密性,特将安全性作为二级属性;c)根据非功能需求同义性原则,比较 Web 软件属性图与 ISO 模型,当属性相同选择一个即可。

2.2 Web 软件非功能属性及子属性

根据上述选择原则,初步选定 Web 软件五大属性:实用性、可靠性、易用性、效率、安全性,以及 18 个子属性:成熟性、容错性、可恢复性、易理解性、易学性、易操作性、吸引力、准确性、互操作性、适合性、时间性能、资源利用、RSA Encipher、DES

Encipher、可追踪性、可访问性、可定制性、可导航性。其中的五大属性及前 12 个子属性均包含在 ISO 模型中,故不赘述。其选择理由是只对新添加进模型中的子属性即 RSA Encipher、DES Encipher、可追踪性、可访问性、可定制性、可导航性进行解释:

a) RSA Encipher、DES Encipher。它们主要用来衡量软件系统保密性、信息安全性^[8]。Web 软件运行于网络环境,用户尤为关心软件的信息保密程度。

b) 可追踪性(traceability)。Web 软件的一种非功能属性,它是指软件在不同平台上正确处理信息的能力^[9]。这一特点仅用于 Web 软件上,可用来追踪系统的操作。

c) 可访问性(accessibility)。该属性用来衡量系统是否需要时间内提供某种指定服务的能力^[10]。由于 Web 软件运行于网络系统中,该属性是 Web 软件能否提供及时服务的关键因素。

d) 可定制性(customizability)。它指的是 Web 软件能够根据用户的需求添加各种服务,用于提高用户的软件使用满意度^[11]。该属性满足用户的定制化服务,是用户选择使用 Web 软件的重要原因之一。

e) 可导航性(navigability)。它是指为方便用户有效获取信息的一种特征,通常可以凭借通道即字母表、子目录、站点地图(横、纵向及混合)获取信息^[12],使 Web 软件满足用户的便利性。

ISO 模型中的可移植性、可维护性以及对应的子属性不符合选择原则,故没有选择;另外对 Web 软件属性图中体现 Web 软件特性的非功能属性予以采用。由于不知新添加进的子属性归属于哪一种属性,因此需要进行维度划分。

3 模型验证及维度划分方法

本文提出的模型由上面选择出的属性组成,而这些属性及其子属性是否能在 Web 软件中适用,均需要通过实证来验证。本文采取因子分析法作为模型验证及维度划分方法。

因子分析法^[13]是探讨存在相关关系的变量之间是否存在不能直接观察到、但对可观测变量的变化起支配作用的潜在因子的分析方法。因子分析法的一般模型可用式(1)表示。

$$\left. \begin{aligned} Z_1 &= R_{11}X_1 + P_{12}X_2 + P_{13}X_3 + \cdots + P_{1m}X_m \\ Z_2 &= R_{21}X_1 + P_{22}X_2 + P_{23}X_3 + \cdots + P_{2m}X_m \\ &\vdots \\ Z_m &= R_{m1}X_1 + P_{m2}X_2 + P_{m3}X_3 + \cdots + P_{mm}X_m \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$Y = \frac{\lambda_1}{\sum_{i=1}^m \lambda_i} z_1 + \frac{\lambda_2}{\sum_{i=1}^m \lambda_i} z_2 + \frac{\lambda_3}{\sum_{i=1}^m \lambda_i} z_3 + \cdots + \frac{\lambda_k}{\sum_{i=1}^m \lambda_i} z_k$$

其中: $X_1, X_2, \dots, X_m$ 为实测变量; $Z_1, Z_2, \dots, Z_m$ 为主成分, k 是选择主成分的个数; $p_{ij}(i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, m)$ 为因子载荷,因子载荷 p_{ij} 是第 j 个实测变量在第 i 个主成分上的载荷。载荷越大,说明第 j 个实测变量与第 i 个主成分的关系越密切,反之亦然; Y 为预测分值,表示第 i 个主成分的贡献率。

分析的主要目的是验证该模型的有效性 & 划分模型维度。应用因子分析法,可以得出的各子属性对主成分的因子载荷值,进而应用因子载荷值对其维度进行划分。同时,得出的公因子的累积贡献率可以解释新模型是否能有效表达 Web 软件的非功能需求。因此因子分析法可行。

4 实例

2011年网上银行系统入选最优秀十大Web软件。本文选取网上银行系统为例说明应用因子分析法来验证本文所划分模型的维度,并在此基础上与基于ISO的Web软件非功能需求模型相比较,得出本文所提出模型的有效性。

4.1 样本选取

对基于ISO的Web软件非功能需求模型中的12个子属性以及本文初步选定的18个子属性设计问卷并进行调查,调查问卷的测量尺度均是采用Likert五点强制尺度,从“非常重要”“重要”“一般”“不重要”到“非常不重要”分别给予5、4、3、2、1的分值。样本选取注意:a)网上银行系统的使用经历丰富且对软件非功能需求具有一定了解;b)样本容易获得。因此选择中南大学软件学院大三、四学生样本数量200个,有效样本数量176个。

4.2 比较验证及维度划分

在进行因子分析之前,需要对数据进行线性化、无量纲标准化等预处理。考虑到篇幅,预处理过程这里不再给出,对基于ISO模型的Web软件非功能需求模型中的12个子属性的样本数据运用SPSS17.0对数据进行因子分析,得到载荷矩阵1,结果如表1所示。

表1 因子载荷矩阵1

子属性	因子载荷			
	可靠性	易用性	实用性	效率
成熟度	0.707			
容错性	0.673			
可恢复性				
易理解性		0.723		
易学性		0.642		
易操作性		0.638		
吸引力				
准确性			0.697	
互操作性			0.604	
适合性				
安全性			0.643	
时间特性				0.683
资源利用				0.605
特征值	1.864	1.784	1.463	1.329
贡献率/%	18.694	17.973	11.043	9.825
累计贡献率/%	18.694	36.667	47.710	57.535

注释:上述各属性均在5%的置信水平下显著

选取载荷值大于0.6的子属性,由表1可得,基于ISO的Web软件非功能需求模型中的四大子属性的累计贡献率仅能达到57.535%,不能明显解释网上银行的非功能需求。

对本文初步选定的18个子属性的样本数据,运用SPSS17.0对其进行因子分析,得到载荷矩阵2,如表2所示。

本文选取相关系数大于0.6的子属性。载荷矩阵显示:吸引力、适合性的相关系数均小于0.6,故不作考虑;五大主成分累计解释变异量达到82.219%。其中引入的6个子属性的因子变量均在0.6以上,属性影响显著。证明这些属性对网上银行系统解释力度强。根据ISO模型中对各属性的定义,对各因子进行归属及命名安排:

公因子1中4个子属性均反映被调查者对系统可靠性方面的认识,因此把公因子1命名为可靠性因子(reliability)。同理公因子2命名为易用性因子(usability)、公因子3命名为实

用性因子(functionality)、公因子4命名为效率因子(efficiency)、公因子5命名为安全性因子(security)。维度划分结果将为可访问性划入可靠性因子中;可导航性、可定制性被划入易用性因子中;可追踪性划入实用性因子中;RSA Encipher、DES Encipher 归属于安全性因子。数据表明,该模型的公因子解释变量高达82.219%,比基于ISO的Web软件非功能需求模型的解释变异量高出24.684%,相比显著有效。

表2 因子载荷矩阵2

子属性	因子载荷				
	公因子1	公因子2	公因子3	公因子4	公因子5
成熟度	0.877				
容错性	0.773				
可恢复性	0.629				
可访问性	0.637				
易理解性		0.853			
易学性		0.665			
易操作性		0.687			
可导航性		0.697			
可定制性		0.614			
吸引力					
准确性			0.787		
互操作性			0.638		
适合性					
可追踪性			0.764		
时间特性				0.767	
资源利用				0.638	
RSAEncipher					0.738
DESEncipher					0.684
特征值	2.597	2.516	1.683	1.425	1.472
贡献率/%	22.615	21.942	13.998	11.710	11.954
累计贡献率/%	22.615	44.557	58.555	70.265	82.219

注释:“表示本模型中新添加的子属性,上述各属性均在5%的置信水平下显著

4.3 改进的Web软件非功能需求模型

根据表2中的维度划分结果,可以将通过验证的各公因子及其对应的子属性作为模型的子节点与叶子节点,构建改进的Web软件非功能需求模型,如图4所示。由图4可以得出,Web软件非功能需求层次模型共包括五大非功能属性及其对应的16个非功能子属性。与原有模型相比较,该模型兼具了ISO模型中的层次性及Web软件的非功能需求。Web软件NFRs模型将用户所关注的安全性提升为二级属性,并添加了可追踪性、可访问性、可定制性、可导航性等四种Web软件非功能需求。尽管名称相同,但改进后的五大属性中所包含的子属性与ISO模型中的有区别,它们能更贴切地反映Web软件的非功能需求。

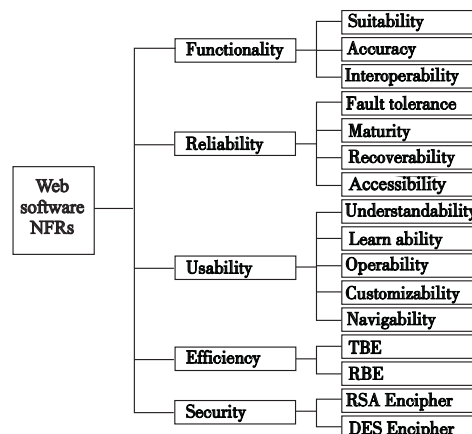


图4 改进的Web软件非功能需求模型

笔者从20世纪90年代开始从事工业仿真项目的开发,其中进行了针对仿真系统的被动测试的长期摸索,并将主被动混合测试技术在催化裂化在线仿真优化系统、聚炳稀聚合仿真系统、火车站调车仿真指挥系统等项目进行了长期实践。几年前尝试了各种主动测试和被动测试方法,对于需要在线实施的测试内容,主动测试往往不被用户允许(不能影响生产、更怕出风险等),而普通的被动测试实践中出现效率低、不充分、随意、数据重复等现象,效果不好。

表2 测试用例的输入及期望输出表

测试输入数据	测试期望输出
O ₂ 含量:0.29(通过调节微调放空开度)	
再生温度:642(调节外取热催化剂的流量)	再生稀相温度:676
……(数据组1)	
O ₂ 含量:0.88(通过调节微调放空开度)	
再生温度:632(调节外取热催化剂的流量)	再生稀相温度:738
……(数据组2)	
O ₂ 含量:0.02(通过调节微调放空开度)	
再生温度:651(调节外取热催化剂的流量)	再生稀相温度:663
……(数据组3)	

近两年采用数据驱动的准被动测试法、目标驱动的准被动测试法找到了以前其他测试方法无法发现的 bug。尤其对某些特定装置生产过程的动态及稳态仿真精度取得了突破性的结果。Z模型是二十年仿真项目工程实践的经验教训的总结,更适合于在线仿真系统的项目特点。与其他测试模型相比,主要优点如下:a)Z模型将被动测试引入,有利于被测仿真系统的多方面质量指标的验证;b)Z模型强调真实数据获取的被动机制尽早建立,实际系统相关数据长期充分地获取,这有利于被动测试的充分性;c)Z模型将被动测试加以目标引导,提高了被动测试的效率,节省了被动测试的实施时间;d)Z模型强调了被动测试与仿真模型修改的互相协调,对仿真精度的提高作用较大。

(上接第1434页)

5 结束语

Web软件已经成为人们日常生活中使用最多的软件之一,这方面的研究也越来越多。其中,Web软件的非功能需求研究也受到了关注。本文通过分析了ISO模型及“Web软件属性图”;提出了对已有的基于ISO的Web软件非功能需求模型的改进模型。在此过程中,应用了因子分析法来进行模型的比较验证与维度划分,得出了有效的Web软件非功能需求模型。但本文的研究只是Web软件非功能需求方法初步探索,需要更进一步的研究,尤其是在Web软件非功能需求的相关性方面。

参考文献:

- [1] 田精白,何克倩. 网络式软件非功能需求分析方法及其应用[D]. 武汉:武汉大学,2008.
- [2] GRIGOROUSIS E, LITOS C, MOUSTAKIS V A, et al. The assessment of user-perceived Web quality: application of a satisfaction benchmarking approach[J]. *European Journal of Operational Research*, 2008, 187(3): 1346-1357.
- [3] TIAN Xia, TAO Mei. Visual quality assessment for Web videos[J]. *Visual Communication and Image Representation*, 2010, 21(8): 826-837.
- [4] XIAO Xiao-cong, WANG Xiang-qun, FU Kai-yao, et al. Grey relational analysis on factors of the quality of Web service[J]. *Physics Pro-*

7 结束语

本文提出的测试方法有效地解决了被动测试在工程实践中的多个难点:a)数据驱动的准被动测试法相比普通被动测试大大提高了测试数据的充分性,显著减少了重复数据的使用,有效增加了测试数据的实用性,减少了被动测试成本及时间;b)目标驱动的准被动测试实现了测试目标能够主动选取,能够将先进的主动测试用例的设计方法引入到被动测试中;c)Z模型实现了基于目标和数据驱动的准被动测试与系统开发过程密切地协调,相比其他经典模型有多方面的优点,本文认为尤其适合于仿真系统的测试过程。

参考文献:

- [1] SHU Guo-qiang, LEE D. A formal methodology for network protocol fingerprinting[J]. *IEEE Trans on Parallel and Distributed Systems*, 2011, 22(11): 1813-1825.
- [2] 赵保华,郭雄辉,钱兰,等. 被动测试中观察者放置问题[J]. *计算机研究与发展*, 2005, 42(10): 1815-1819.
- [3] 郭雄辉,赵保华,钱兰. 被动测试中的错误诊断算法[J]. *中国科学技术大学学报*, 2005, 20(3): 78-83.
- [4] 赵保华,张炜. 协议被动测试的错误标识[J]. *小型微型计算机系统*, 2007, 35(1): 15-18.
- [5] 赵保华,张炜,林华辉,等. 一种通信有限状态机的被动测试及其错误诊断[J]. *西安交通大学学报*, 2007, 24(6): 640-644.
- [6] 李秋英,李海峰,徐刚. 基于覆盖率信息的软件可靠性增长测试实践[J]. *计算机应用研究*, 2010, 27(7): 2594-2597.
- [7] 王子元,最长海,徐宝文,等. 相邻因素组合测试用例集的最优生成方法[J]. *计算机学报*, 2007, 30(20): 200-211.
- [8] 王立新,杨峻,万仁霞,等. 基于树模型和输入参数关系的组合测试集精简方法[J]. *计算机应用研究*, 2010, 27(3): 928-932, 937.
- [9] 赵一丁,李志民,楚纪正. 一种关联历史数据的催化裂化在线仿真[J]. *系统仿真学报*, 2012, 24(7): 1137-1142.

cedia, 2012, 33(3): 1992-1998.

- [5] NABIL D, MOSAD A, HEFNY H A. Web-based applications quality factors: a survey and a proposed conceptual model[J]. *Egyptian Informatics Journal*, 2011, 12(3): 211-217.
- [6] BEHKAMAL B, KAHANI M, AKBARI M K. Customizing ISO 9126 quality model for evaluation of B2B applications[J]. *Information and Software Technology*, 2009, 51(3): 599-609.
- [7] 罗新星,朱名勋. 可信软件中非功能需求 FO-QSIG 冲突权衡模型[J]. *系统工程*, 2010, 28(2): 101-105.
- [8] 罗新星,朱名勋,唐中君. 可信软件需求获取与分析研究综述及展望[J]. *计算机应用研究*, 2010, 27(10): 3617-3621.
- [9] ZHU Ming-xun, LUO Xin-xing. A non-functional requirements tradeoff model in trustworthy software[J]. *Information Sciences*, 2011, 191(3): 61-75.
- [10] DAVIS A, OVERMYER S. Identifying and measuring quality in a software requirements specification[J]. *Software Metrics Symposium*, 1993, 10(2): 141-152.
- [11] TANG Zhong-jun, LIU Shu-qin. The constructing method of meta-requirement analysis model[C]//Proc of the 3rd International Conference on Business Intelligence and Financial Engineering. 2010: 118-121.
- [12] 罗新星,王卫芳. 基于本体的元需求模型与元需求集研究[J]. *计算机应用研究*, 2012, 29(4): 1391-1394.
- [13] BAUDRY B, NEBUT C, Le TRAON Y. Model-driven engineering for requirements analysis[C]//Proc of the 11th IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference. 2007: 459-466.