

【自动化技术】

基于层次分析法的软件可维护性评价

刘万远,张卫东,王伟

(中国空空导弹研究院,河南 洛阳 471009)

摘要:针对软件可维护性定量研究工作较少的情况,提出了利用层次分析法对其进行了定性和定量评估的方法。建立了软件可维护性评估模型,分别从可理解性、可测试性、可修改性对软件可维护性进行定义,得出对软件可维护性影响最大的4个指标,并提出改进软件可维护性的措施,为软件开发人员早期进行可维护性设计提供指导。

关键词:可维护性;软件;层次分析法

中图分类号:TJ762.2

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2011)07-0096-03

随着现代武器系统向智能化方向的快速发展,软件在武器系统中的作用也越来越大。然而软件本身以及软件载体所导致的故障会使软件丧失部分功能,因而必须对软件进行维护。GJB 1267—91对软件维护的定义^[1]如下:软件产品交付使用之后,为纠正错误或改进性能与其他属性或使软件产品适应改变了的环境而进行的修改活动。许多软件由于设计上的缺陷,造成软件维护难度大、费用高。为了使软件易于维护,必须考虑使软件具有可维护性。可维护性与可靠性、安全性等都是软件的质量特性,是设计和管理出来的。虽然有相应的国军标对软件可维护性的管理进行指导,但是对于如何进行软件可维护性设计却涉及甚少。同时,学术界对于软件可维护性的研究更多地停留在定性的笼统的层面上。陈雪娟等^[2]和王李进等^[3]采用支持向量机方法建立了可维护性指标评估模型,但是不能给出影响可维护性的指标权重,无法提出针对性的改进意见。本文提出了基于层次分析法的软件可维护性指标评估模型,得出各影响因素的权重,得出了影响最大的4个指标,据此提出了改进软件可维护性的措施。

1 软件可维护性评价指标体系构建

软件可维护性是软件质量特性之一,一般包括可理解性、可测试性和可修改性3个方面。对软件可维护性进行评价时,评价指标体系是基础,其科学性和合理性直接决定了评估是否准确可信。评价指标的选择应该遵循以尽量少的指标,反映最主要和最全面的信息的原则^[4]。

利用层次分析法基本原理,将影响软件可维护性的相关因素分成若干层次,即可建立软件可维护性评价(A)指标体系:一是可理解性(B_1),可以从模块简单性(C_1)、构件复用性(C_2)、风格一致性(C_3)、数据完整性(C_4)、文档规范性(C_5)、语言复杂性(C_6)等分析;二是可测试性(B_2),可以从程序复杂性(C_7)、测试用例复用性(C_8)、维护工具可用性(C_9)等分析;三是可修改性(B_3),可以从模块耦合性(C_{10})、模

块内聚性(C_{11})、模块可控性(C_{12})、环境无关性(C_{13})等分析,如图1所示。

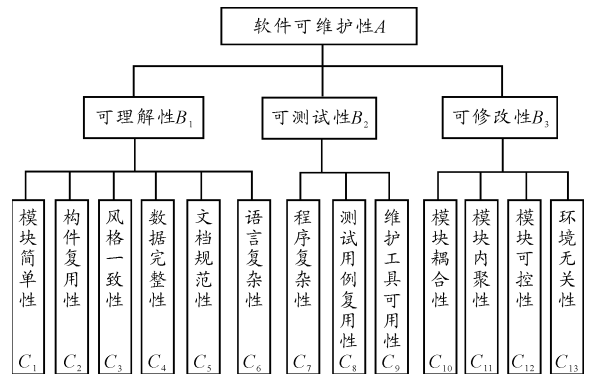


图1 软件可维护性评价指标体系

2 层次分析法

层次分析法(analytical hierarchy process)是美国运筹学家T. L. Saaty教授在20世纪70年代初期提出的一种实用的定性与定量相结合的多准则决策方法,以系统、灵活、简介的优点,在我国多个研究领域内得到了广泛的重视和应用^[5-8]。通过层次分析法,可以把影响对软件可维护性的定性的指标量化处理,从而定量得出其对可维护性的影响因素,为提高软件可维护性指明了改进方向。

2.1 构造判断矩阵

将每一层次的软件可维护性指标进行两两比较,专家系统依据1~9的标度对它们的重要程度进行打分,这些分值写成矩阵的形式就是判断矩阵^[9]。判断矩阵表示针对上一层某可维护性指标而言,本层次与之有关的各可维护性指标的相对重要性。假定A层中指标 A_1 与下一层次中指标 B_1, B_2, \dots, B_n 有联系,则构造的判断矩阵如表1所示。其中, b_{ij} 表示对 A_k 而言, B_i 对 B_j 的相对重要性的数值表示,具体含

义如表2所示。

表1 两两比较判断矩阵

A_k	B_1	B_2	...	B_n
B_1	b_{11}	b_{12}	...	b_{1n}
B_2	b_{21}	b_{22}	...	b_{2n}
...
B_n	b_{n1}	b_{n2}	...	b_{nn}

表2 判断矩阵标度及其含义

标准值	定义	说明
1	同样重要	指标 B_i 与 B_j 的重要性相同
3	稍微重要	指标 B_i 的重要性稍微高于 B_j
5	明显重要	指标 B_i 的重要性明显高于 B_j
7	强烈重要	指标 B_i 的重要性强烈高于 B_j
9	绝对重要	指标 B_i 的重要性绝对高于 B_j

注:标准值2,4,6,8以各数的倒数具有相对应的类似意义。

表3 平均一致性指标

阶数 n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$RF(i)$	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

2.3 层次总排序及一致性检验

利用同一层次中所有单层次排序的结果,就可以计算针对上一层次,本层次所有元素相对重要性的权重,即层次总排序^[11]。假设已计算出第 $(k-1)$ 层相对总目标的权向量为 $T^{k-1} = [T_1^{k-1}, T_2^{k-1}, \dots, T_m^{k-1}]^T$, m 为 $k-1$ 层次所含的指标个数,以第 $k-1$ 层第 j 个指标作为比较准则时,第 k 层各元素的相对权向量为 $b_j^k = [b_j^k(1), b_j^k(2), \dots, b_j^k(n)]^T$,其中 n 为第 k 层所含指标的个数, $b_j^k(i)$ 为第 k 层第 i 个指标的相对重要性标度。令 $B^k = [b_1^k, b_2^k, \dots, b_m^k]^T$,则第 k 层各元素相对于总目标的排序权向量 T^k 为

$$T^k = B^T \cdot T^{k-1} \quad (4)$$

以此类推即可得最底层相对于总目标的权向量,为最后的指标评价提供依据。

递阶层次一致性检验为

$$CI_k = [CI_k^1, CI_k^2, \dots, CI_k^n] T^{k-1} \quad (5)$$

$$RI_k = [RI_k^1, RI_k^2, \dots, RI_k^n] T^{k-1} \quad (6)$$

$$CR_k = CR_{k-1} + CI_k / RI_k \quad (7)$$

3 软件可维护性指标评估

软件可维护性的功能层次模型如图1所示。根据层次

2.2 层次单排序和一致性检验^[10]

层次单排序是指根据判断矩阵计算对于上一层某元素而言,本层次的元素相对重要性次序的权值。通过求解判断矩阵的权向量来确定各个指标相对于上一层次某指标的重要性权值排序。权向量用一个列向量 $W^s(i)$ 表示在 s 层上相对于 $(s-1)$ 层上第 i 个指标的权向量: $W^s(i) = [\omega_1^s, \omega_2^s, \dots, \omega_j^s, \dots, \omega_n^s]^T$ 。权向量的精确解难以求解,一般采用方根法求出其近似值,如式(1)所示。

$$\omega_j^s = \frac{\sqrt[n]{\prod_{i=1}^n b_{ji}^s}}{\sum_{j=1}^n \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n b_{ji}^s}} \quad (1)$$

求出权向量之后,为了确保计算结果符合人类的认知逻辑,需要对判断矩阵进行一致性检验。首先要计算出最大特征根 $\lambda_{\max}^s(i)$,然后利用一致性检验公式求出 $CR^s(i)$ 。当 $CR^s(i) < 0.1$ 时,即可认为判断矩阵是可接收的,否则要重新修改判断矩阵。 $\lambda_{\max}^s(i)$ 和 $CR^s(i)$ 可以通过式(2)和(3)求得。

$$\lambda_{\max}^s(i) = \sum_{j=1}^n \frac{[BW^s(i)]_j}{n\omega_j^s} \quad (2)$$

式中 $[BW^s(i)]_j$ 为向量 $BW^s(i)$ 的第 j 个向量,

$$CR^s(i) = [\lambda_{\max}^s(i) - 1] / [RF(i)(n-1)] \quad (3)$$

$RF(i)$ 为平均随即一致性指标,对于1~9阶判断矩阵, $RF(i)$ 值见表3。

分析法的具体步骤,首先建立相对于软件可维护性(A)、可理解性(B_1)、可测试性(B_2)、可修改性(B_3)之间的两两判断矩阵,如表4所示。

表4 A-B判断矩阵

	B_1	B_2	B_3
B_1	1	1/3	1/6
B_2	3	1	1/2
B_3	6	2	1

根据各指标的权值,可得特征值 $\lambda_{\max}^2(1) = 3$,由于 $n = 3$,查表2可得 $RF^2(1) = 0.58$,所以 $CR^2(1) = 0 < 0.1$,可知判断矩阵满足一致性检验要求,权向量 $W^2(1) = [0.1, 0.3, 0.6]^T$ 可接收。同理可得第3层评价指标相对于第2层各指标的权重系数如下:

$$W^3(1) = [0.282, 0.060, 0.090, 0.053, 0.175, 0.340]^T$$

$$\lambda_{\max}^3(1) = 6.271, CR^3(1) = 0.0438$$

$$W^3(2) = [0.709, 0.113, 0.179]^T$$

$$\lambda_{\max}^3(2) = 3.054, CR^3(2) = 0.0462$$

$$W^3(3) = [0.054, 0.540, 0.233, 0.173]^T$$

$$\lambda_{\max}^3(3) = 4.176, CR^3(3) = 0.065$$

根据层次单排序结果,可以求出第3层指标相对于软件可维护性的总的权重,计算结果如表5所示。

表5 层次总排序表

层次 C	层次 B			优先 权重	排序
	B ₁	B ₂	B ₃		
	0.1	0.3	0.6		
C ₁	0.282	0.000	0.000	0.028	9
C ₂	0.060	0.000	0.000	0.006	12
C ₃	0.090	0.000	0.000	0.009	11
C ₄	0.053	0.000	0.000	0.005	13
C ₅	0.175	0.000	0.000	0.018	10
C ₆	0.340	0.000	0.000	0.034	6
C ₇	0.000	0.709	0.000	0.213	2
C ₈	0.000	0.113	0.000	0.034	7
C ₉	0.000	0.179	0.000	0.054	5
C ₁₀	0.000	0.000	0.054	0.033	8
C ₁₁	0.000	0.000	0.540	0.324	1
C ₁₂	0.000	0.000	0.233	0.140	3
C ₁₃	0.000	0.000	0.173	0.104	4

从表5的结果我们可以看出,对软件可维护性影响最大的4个因素分别是模块内聚性、程序复杂性、模块可控性和环境无关性。根据各影响因素的权重,可以有针对性地改进它们,进而改进软件的可维护性,达到事半功倍的效果。

4 提高软件可维护性措施

根据上面得出的对软件可维护性影响最大的4个因素,提出提高软件可维护性的几个措施如下:

1) 按“高内聚、低耦合”原则划分软件模块,使软件模块内部的内聚性强而模块之间的耦合度低^[12],这样可以降低软件修改完善的难度从而提高软件的可维护性。

2) 在满足功能的前提下,尽可能降低程序的复杂程度,必要时通过建立好的程序文档来提高其可维护性。

3) 软件设计过程中,加强对各模块的作用域的控制。

4) 组建稳定的开发团队,软件开发与具体软、硬件平台和操作系统无关。

5 结束语

本文从可理解性、可测试性和可修改性3个方面对软件的可维护性进行了定性和定量相结合的评价,并根据评价结果提出了改进软件可维护性的措施,为软件开发人员能早期开展软件可维护性工作提供了指导。但由于软件可维护性评估的复杂性和多样性,文中指标体系的建立以及评估方法都有一定的局限性,有待进一步的研究。

参考文献:

- [1] GJB 1267—91 军用软件维护,中华人民共和国国家军用标准[S].
- [2] 陈雪娟,潘梅森,雷超阳.基于SVM的软件可维护性评估模型研究[J].计算机工程与设计,2008,29(3):566-569.
- [3] 王李进,胡欣欣.基于支持向量机的面向对象软件可维护性预测[J].北华大学学报:自然科学版,2010,11(3):566-569.
- [4] 李俊芳,吴小萍.基于AHP-FUZZY多层次评判的城市轨道交通线网规划方案综合评价[J].武汉理工大学学报,2007,4(2):282-285.
- [5] 解江,刘如钢,闫威.机载导弹武器系统效能评估方法研究[J].导弹与航天运载技术,2004,5(4):9-13.
- [6] 张国伟,李源源,崔文雄.基于AHP-Fuzzy方法的炮兵指挥信息系统作战效能评估[J].兵工自动化,2009,28(6):57-59.
- [7] 黄世国.基于模糊层次分析法的建筑企业安全管理评价[J].重庆工学院学报:自然科学版,2009(3):52-55.
- [8] 崔大连,周爱军.AHP方法在装备保障方案权衡分析中的应用[J].四川兵工学报,2010(3):44-46.
- [9] 曹勤.AHP层次分析法在设备维修决策中的应用[J].石油化工设备,2009,38(增刊):97-100.
- [10] YANG Z Y, CHEN Y H, ZE W S. Using AHP and fuzzy sets to determine the build orientation in layer-based machining[J]. International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 2003, 16(6), 398-408.
- [11] 刘强昌,李海军.基于AHP的空空导弹武器系统作战能力研究[J].舰船电子工程,2009,29(2),1-5.
- [12] 陈小辉,邓杰英,文佳.浅谈软件的可维护性设计[J].华南金融电脑,2009(3):78-79.

(责任编辑 刘 舸)