

基于 FGRD 评价方法的软件质量评价研究

庞庆华

(河海大学 商学院, 江苏 常州 213022)

摘 要: 分析了目前软件质量评价方法的不足之处, 提出了一种集成的 FGRD 评价方法, 即将模糊综合评价方法、灰色理论、粗糙集理论与 Delphi 方法集成起来对软件的质量进行评价。阐述了该方法的原理和运用该方法进行综合评价的步骤, 用算例来说明利用 FGRD 方法对软件质量进行评价的可行性和实用性, 为提高软件质量提供了有益的理论参考。

关键词: 软件质量; 评价指标; 模糊综合评价; 灰色统计; 粗糙集

中图分类号: N945.16 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7024 (2009) 11-2631-03

Study on FGRD for software quality

PANG Qing-hua

(Business School, Hohai University, Changzhou 213022, China)

Abstract: By analyzing the current software quality evaluation methods and their shortages, an integrated evaluation method for software quality is proposed, which is FGRD (fuzzy comprehensive method, grey theory, rough set theory and Delphi method). Expatiating on the principle and the process of evaluation based on this method, an example is given to show validate the feasibility and practicability of this method. The method gives a beneficial academic reference to promote software quality.

Key words: software quality; evaluation indicators; fuzzy comprehensive evaluation; grey statistic; rough set

0 引言

软件作为一个新兴的产业, 在人们的生产生活中占据着重要的地位, 软件质量的好坏日益受到关注, 人们在购买和使用软件时很希望知道软件的质量如何。同时对于软件开发者而言, 软件质量的评价结果也是指导其开发出高质量软件的重要参考依据^[1]。评价方法对评价结果的真实性起着决定作用, 因此, 寻找科学合理的软件质量评价方法具有重要意义。

有研究表明, 由于软件自身的特点以及人们认识水平的限制, 因此对软件质量的评价往往是模糊的, 不确定的。正是由于软件质量的模糊特性, 才有可能利用模糊评价方法来解决软件质量评价中的一些关键的问题。文献[1]~文献[6]对软件质量的评价都是采用模糊综合评判的方法进行研究的。然而值得注意的是, 有两个基本的问题将直接影响到使用模糊综合评判方法的科学合理性: 一是模糊评判矩阵的建立, 二是指标权重的确定。由于软件质量的优劣最终要由人进行主观评价, 因此必然受到评价者个人的经验、经历、文化和知识等因素的影响, 具有典型的灰色系统特征^[7], 故可以考虑使用灰色理论中的灰色统计方法来建立模糊评判矩阵。而粗糙集的最大特点是不需要提供求解问题时所需处理的数据集合之外的任何先验知识, 仅对实测数据本身进行分类处理即可发掘隐含知识和揭示潜在的数据内部规律, 并且能在保留关键数据信息的前提下对数据进行化简并求出知识的最小表达, 故可以考虑利用粗糙集理论来确定各评价指标的权重。本文研

究的内容就是综合模糊综合评判方法、灰色理论、粗糙集理论与 Delphi 方法的优点, 提出一种集成的 FGRD 方法对软件质量进行分析评价。

1 软件质量评价指标体系的建立

软件质量受到众多复杂因素的影响, 因此在建立评价指标体系时应考虑以下原则: 整体性原则, 指标体系应比较完整, 能够较全面反映软件质量的各个主要方面, 以保证综合评价的全面性和可信性。可测性原则, 可通过各种定量和定性手段对评价对象进行评测以得出明确的结论。客观性原则, 评价指标体系的设计应该客观可信, 符合实际情况。独立性准则, 评价指标应避免重复或相互包容, 不能有强相关性。简易性原则, 即在满足以上原则的前提下, 评价指标体系应尽量简易可行。

基于以上原则考虑, 根据已有的一些软件评价标准, 如 Boehm 模型、McCall 模型、ISO 模型等, 并结合有关文献, 设计了如图 1 的软件质量的综合评价指标体系。

2 综合评价方法

2.1 建立评价因素集

这是一个由评价指标组成的指标集合, 如图 1 所示。

$$C = \{C_1, C_2, C_3, C_4\} = \{C_{11}, C_{12}, C_{13}, C_{14}, C_{21}, C_{22}, C_{23}, C_{31}, C_{32}, C_{33}, C_{34}, C_{41}, C_{42}, C_{43}\}$$

2.2 确定评价等级集合 V

这是一个表示评价目标优劣程度的集合, 用 $V = (v_1, v_2, \dots, v_m)$ 表示。在本文中取 $m = 4$, v_1, v_2, v_3, v_4 分别表示软件质量的优、

收稿日期: 2008-06-19; 修订日期: 2009-02-12。

作者简介: 庞庆华 (1977—), 男, 山东菏泽人, 博士研究生, 研究方向为管理信息系统。E-mail: pangqh@hhuc.edu.cn

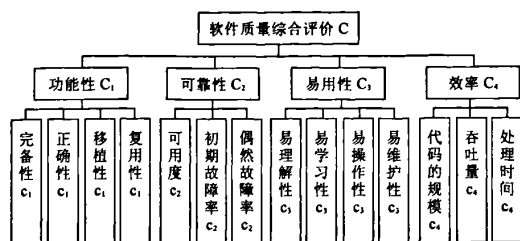


图1 软件质量综合评价指标体系

良、中、差4个等级。

2.3 计算灰色模糊评判矩阵 $R^{(s)}$

从评价因素集 C 到评价等级集 V 的模糊评判矩阵为

$$\begin{bmatrix} l_{11} & l_{12} & \cdots & l_{1n} \\ l_{21} & l_{22} & \cdots & l_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ l_{r1} & l_{r2} & \cdots & l_{rn} \end{bmatrix}, \text{ 其中 } r \text{ 为参加评价的专家人数, } l_{in} (i=1,2,\cdots,$$

n) 为第 s 位专家对第 i 个评价指标的评价数值。由前面论述知, 人们对软件质量的认识处于一种灰色的状态, 故有必要对这一样本矩阵进行灰色评估计算。在计算灰色模糊评判矩阵之前, 应确定评估灰类。由于本文采用4级评判, 这里采用的是常用的3种白化函数: 对于上端级, 灰数为 $\otimes \in [l_1, +\infty)$, 定义其

白化函数为 $f_1(l_n) = \begin{cases} l_n/l_1 & l_n \in [0, l_1] \\ 1 & l_n \in [l_1, +\infty) \end{cases}$; 对于中间级, 灰数为

$\otimes \in [0, l_1, 2l_1]$, 定义其白化函数为 $f_2(l_n) = \begin{cases} l_n/l_1 & l_n \in [0, l_1] \\ 2-l_n/l_1 & l_n \in [l_1, 2l_1] \\ 0 & l_n \notin [0, 2l_1] \end{cases}$;

对于下端级, 灰数为 $\otimes \in [0, l_1, l_2]$, 定义其白化函数为: $f_3(l_n) =$

$\begin{cases} 1 & l_n \in [0, l_1] \\ \frac{l_2-l_n}{l_2-l_1} & l_n \in [l_1, l_2] \\ 0 & l_n \notin [0, l_2] \end{cases}$ 。用灰色统计法由确定的各评价标准函

数(灰数的白化函数), 求出 l_n 属于第 j 类评价标准的权 $f_j(l_n)$, 据此求出评判矩阵的灰色统计数 $n_{ij} = \sum_{s=1}^r f_j(l_{in})$ 和总灰色统计数 $n_i =$

$\sum_{j=1}^n n_{ij}$ 。因此, 综合 r 位专家对第 i 个评价因素主张第 j 种评价标

准的灰色权值为 $r_{ij} = n_{ij}/n_i$, 进而得到灰色模糊综合评判矩阵 $R =$

$\begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{r1} & r_{r2} & \cdots & r_{rn} \end{bmatrix}$ 。

2.4 确定指标的权重集合 W

用 $W = (w_1, w_2, \cdots, w_n)$ 表示且 $\sum_{i=1}^n w_i = 1$, 其中 w_i 表示第 i 项指标的权重。粗糙集理论是波兰数学家 Z. Pawlak 教授提出一种数据分析理论, 它的最大特点就是不需要提供求解问题时所需处理的数据集合之外的任何先验知识, 仅对实测数据本身进行分类处理即可发掘隐含知识, 揭示潜在的数据内部规律, 并且能在保留关键数据信息的前提下对数据进行简化并求出知识的最小表达。基于粗糙集理论在分析和处理不精确、不完整等不完备信息方面具有的独特功能, 本文利用粗糙集理论来计算相关的评价指标权重。具体步骤如下^[10-12]:

(1) 从最低一层指标开始, 建立其对父指标的知识表达系统。各子指标即构成条件属性集合 C , 设条件属性集合 $C = \{c_1, c_2, \cdots, c_n\}$; 父指标即为决策属性 D , 设决策属性集合 $D = \{y\}$ 。

(2) 对知识表达系统进行数值化处理, 并删去重复行。

(3) 计算知识 R_0 对知识 R_C 的依赖程度, 即计算评价指标集合 C 对决策属性指标 y 的依赖程度为: $\gamma_R(R_0) = H / \text{card}(U)$, 其中 $H = \sum_{[y]_R \in (U/R_0)} \text{card}(R_C[y]_R)$ 。

$[y]_R \in (U/R_0)$

(4) 对每个评价指标 c_i , 计算知识 R_0 对知识 $R_{C-\{c_i\}}$ 的依赖程度: $\gamma_{R-\{c_i\}}(R_0) = K / \text{card}(U)$, $i=1, 2, \cdots, n$ 。其中 $K = \sum_{[y]_R \in (U/R_0)} \text{card}(R_{C-\{c_i\}}[y]_R)$ 。

(5) 计算第 i 种评价指标的重要性: $\sigma_i(c_i) = \gamma_R(R_0) - \gamma_{R-\{c_i\}}(R_0)$, $i=1, 2, \cdots, n$ 。

(6) 计算第 i 种评价指标的权系数: $w_i = \sigma_i(c_i) / \sum_{i=1}^n \sigma_i(c_i)$, $i=1, 2, \cdots, n$ 。

2.5 计算模糊评价矩阵

$B = W \cdot R = (b_1, b_2, b_3, b_4)$, 其中 b_1, b_2, b_3, b_4 分别表示了软件质量属于优、良、中、差的程度。

2.6 综合评价

为了便于对同类软件产品进行分析比较, 故可以利用 Delphi 方法进一步将隶属于优、良、中、差的程度量分化。设 D 为评语集 $V = \{\text{优, 良, 中, 差}\}$ 对应的分数集, $D = (d_1, d_2, d_3, d_4) = (10, 7, 5, 2)$ 。则该软件质量的综合得分为 $F = B \cdot D^T$ 。

3 算例

假设有7名有关专家对18个软件的质量水平进行综合评价。18个软件的指标数据以及专家的评分数值如表1所示。表3为7名专家对第一个软件质量的各指标评价数值。需要注意的是, 表1中的有关数据已经过处理, 有关处理方法可参见相关的软件质量指标数据的计算方法。

表2为表1的知识表达简化表, 其中划分方法如下:

功能性: $(1 \rightarrow 1.5; 2 \rightarrow 1.5; 3 \rightarrow 0.5 \sim 1; 4 \rightarrow < 0.5)$;

可靠性: $(1 \rightarrow 1.5; 2 \rightarrow 1.5; 3 \rightarrow 0.5 \sim 1; 4 \rightarrow < 0.5)$;

易用性: $(1 \rightarrow 1.5; 2 \rightarrow 1.5; 3 \rightarrow 0.5 \sim 1; 4 \rightarrow < 0.5)$;

效率: $(1 \rightarrow 1.5; 2 \rightarrow 1.5; 3 \rightarrow 0.5 \sim 1; 4 \rightarrow < 0.5)$;

平均得分: $(1 \rightarrow 7.5; 2 \rightarrow 7.5 \sim 8; 3 \rightarrow 8 \sim 8.5; 4 \rightarrow 8.5)$ 。

由表2可以得到:

$U/\text{ind}(c_2, c_3, c_4) = \{(1), (2), (3, 4), (5), (6), (7), (8), (9, 12, 16), (10, 17), (11), (13), (14, 18), (15)\}$

$U/\text{ind}(c_1, c_3, c_4) = \{(1, 7, 12, 16), (2), (3, 4), (5), (6), (8), (9), (10), (11, 17), (13), (14, 18), (15)\}$

$U/\text{ind}(c_1, c_2, c_4) = \{(1), (2, 14, 18), (3, 4, 6, 13), (5), (7), (8), (9), (10), (11), (12, 16), (15), (17)\}$

$U/\text{ind}(c_1, c_2, c_3) = \{(1), (2), (3, 4, 9), (5), (6), (7), (8), (10), (11), (12, 16), (13), (14, 18), (15), (17)\}$

$U/C = \{(1), (2), (3), (4), (5), (6), (7), (8), (9), (10), (11), (12), (13), (14), (15), (16), (17), (18)\}$

$U/f = \{(1, 2, 7, 8, 12, 14, 15, 16, 17, 18), (3, 9, 10, 11, 13), (4, 6), (5)\}$

故:

$\text{pos}(c_2, c_3, c_4)(f) = \{1, 2, 5, 6, 7, 8, 11, 13, 14, 15, 18\} = 11$

表 1 指标数据及专家评分数值

论域	指标值				专家总体评分							
软件	c_1	c_2	c_3	c_4	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	平均分 f
1	0.1975	1.8371	0.6426	0.8422	9	7	5	8	6	7	9	7.2857
2	0.6905	0.2167	0.9975	0.8789	8	7	6	9	6	7	7	7.1428
3	1.2178	0.6836	0.8590	1.1249	7	8	7	8	8	9	6	7.5714
4	1.4025	0.9962	0.8332	1.3037	9	9	9	8	7	9	7	8.2857
5	1.0824	1.5974	1.1174	0.9606	8	8	9	9	10	8	9	8.7142
6	1.4910	0.6796	1.7465	1.0234	9	8	7	8	9	8	9	8.2857
7	0.3468	1.0231	0.9634	0.5642	7	9	6	5	8	8	8	7.2857
8	0.6325	0.8745	0.2217	1.3201	7	7	7	6	8	7	8	7.1428
9	1.4121	0.7423	0.6578	0.8541	9	8	8	7	7	8	8	7.8571
10	1.5414	1.3211	0.6798	1.0213	9	7	6	9	8	7	8	7.7142
11	0.8589	0.3144	0.8563	1.2420	8	9	7	7	8	7	7	7.5713
12	0.4324	0.8895	0.7652	0.8782	5	5	8	7	6	7	7	6.4285
13	1.3344	0.7583	1.4026	1.0231	8	7	7	8	8	7	9	7.7142
14	0.9654	0.3225	1.1362	0.7642	5	6	5	7	6	8	7	6.2857
15	0.8618	0.7552	0.6574	1.6541	5	4	6	5	7	6	5	5.4285
16	0.3265	0.7244	0.6312	0.7562	3	5	4	6	6	7	6	5.2857
17	0.6423	1.0231	0.8546	1.2463	6	7	7	8	7	6	5	6.5714
18	0.8758	0.4269	1.3145	0.7564	9	8	7	6	8	6	6	7.1428

表 2 知识表达系统简化

论域	c_1	c_2	c_3	c_4	f
1	4	1	3	3	1
2	3	4	3	3	1
3	2	3	3	2	2
4	2	3	3	2	3
5	2	1	2	3	4
6	2	3	1	2	3
7	4	2	3	3	1
8	3	3	4	2	1
9	2	3	3	3	2
10	1	2	3	2	2
11	3	1	3	2	2
12	4	3	3	3	1
13	2	3	2	2	2
14	3	4	2	3	1
15	3	3	3	1	1
16	4	3	3	3	1
17	3	2	3	2	1
18	3	4	2	3	1

表 3 某软件的详细评价

	c_1	c_2	c_3	c_4
E_1	4	8	6	7
E_2	6	9	7	9
E_3	5	8	6	8
E_4	5	8	7	7
E_5	3	8	7	8
E_6	4	9	6	7
E_7	3	7	6	8

$pos(c_1,c_3,c_4)(f)=\{1,2,5,6,7,8,9,10,12,13,14,15,16,18\}=14$
 $pos(c_1,c_2,c_4)(f)=\{1,2,5,7,8,9,10,11,12,14,15,16,17,18\}=14$
 $pos(c_1,c_2,c_3)(f)=\{1,2,5,6,7,8,10,11,12,13,14,15,16,17,18\}=15$
 $posC(f)=\{1,2,3,3,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18\}=18$
据上述计算,即可计算出评价指标集合C对决策属性指标y的依赖程度分别为: $\gamma_C(d)=18/18=1, \gamma_{(c_{max})}(f)=11/18=0.6111,$

$\gamma_{(c_{max})}(f)=14/18=0.7778, \gamma_{(c_{max})}(f)=14/18=0.7778, \gamma_{(c_{max})}(f)=15/18=0.8333.$ 因此,各种指标的重要性可以计算出,分别为:
 $\gamma_C(d)-\gamma_{(c_{max})}(f)=0.3889, \gamma_C(d)-\gamma_{(c_{max})}(f)=0.2222, \gamma_C(d)-\gamma_{(c_{max})}(f)=0.2222, \gamma_C(d)-\gamma_{(c_{max})}(f)=0.1667.$
故有关指标权重为: $W=(w_1,w_2,w_3,w_4)=(0.3567,0.2339,0.2339,0.1755).$

本文中,相应灰数的白化函数如图 2 所示。

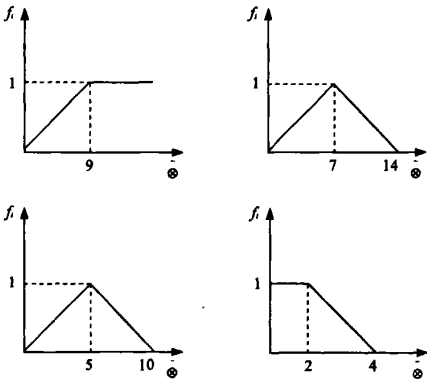


图 2 白化函数

评判矩阵的灰色统计数 n_g 和总灰色统计数 n_t 可以根据表 3 与图 2 计算出来,进而求得灰色模糊评判矩阵

$$R=\begin{bmatrix} 0.2344 & 0.3014 & 0.3938 & 0.0703 \\ 0.4282 & 0.3960 & 0.1758 & 0 \\ 0.3043 & 0.3913 & 0.3043 & 0 \\ 0.3875 & 0.4059 & 0.2066 & 0 \end{bmatrix}$$

故模糊评价矩阵为 $B=W \cdot R=(0.3230,0.3629,0.2891,0.0251),$ 则该软件的综合评价得分为 $F=B \cdot D^T=7.2654.$ 按照最大隶属度原则,该软件的质量水平属于“良”,根据计算得出的评价分值,可与其它的相关软件进行比较优劣。

(下转第 2659 页)

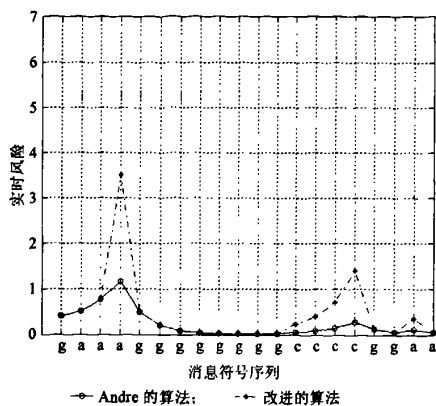


图2 基于网络入侵检测系统的实时风险

度,能更客观的反映资产面临的风险。本文算法对接收到的攻击消息符号和攻陷消息符号能产生更大的风险值,所以连续的攻击事件导致风险持续上升,趋势十分明显。这使得网络管理人员能够及时掌握资产当前所处环境,为实时响应系统提供决策支持。

5 结束语

本文在 Ames 提出的基于隐马尔可夫过程的网络安全实时风险的框架下,提出了攻击难度系数的概念,并依据攻击不同阶段的难度系数确定了状态转移概率矩阵。根据威胁的危害程度对其进行了分类,给出了不同类相应的权重,并依此对风险值进行了加权,更加客观的反映了资产当前所处的状态,为系统实时调整自己的防御措施提供了依据,是网络安全风险检测的一种较好解决方案。

参考文献:

- [1] 王益丰,李涛.一种基于人工免疫的网络安全实时风险检测方法[J].电子学报,2005,33(5):945-949.
- [2] Ashish Gehani, Gershon Kedem. Rheostat: Real-time risk management[C]. Proceedings of the 7th International Symposium on Recent Advances in Intrusion Detection. Springer-Verlag, 2004: 296-314.
- [3] Årnes A, Sallhammar K. Real-time risk assessment with network sensors and intrusion detection systems[C]. Proceedings of the International Conference on Computational Intelligence and Security. Springer-Verlag, 2005: 388-397.
- [4] KDD99. KDD99 cup dataset[DB/OL]. <http://kdd.ics.uci.edu/databases/kddcup99>, 1999.
- [5] Haslum K, Årnes A. Multisensor real-time risk assessment using continuous-time hidden markov models[C]. Proceedings of the International Conference on Computational Intelligence and Security. Springer-Verlag, 2007: 694-703.
- [6] SANS. Sans top-20 2007 security risk[EB/OL]. <http://www.sans.org/top20>, 2008-05-14.
- [7] Jonsson E, Olovsson T. A quantitative model of the security intrusion process based on attacker behavior[J]. IEEE Trans on Software Engineering, 1997, 23(4): 235-245.
- [8] Lee W K, Stolfo S J. A framework for constructing features and models for intrusion detection system[J]. ACM Transactions on Information and System Security, 2000, 3(4): 227-261.
- [9] DARPA. Training data attack description[EB/OL]. <http://www.ll.mit.edu/mission/communications/ist/corpora/ideval/docs/attacks.html>, 2008-05-14.

(上接第 2633 页)

4 结束语

软件质量评价是对保证软件质量提供了一道重要的保障,发挥着其它方法不可替代的作用。与以往对软件质量评价的研究相比,本文综合模糊集理论、灰色理论、模糊综合评价与 Delphi 方法的优点,提出一种集成的 FDRG 方法,克服了其它单种方法存在的缺陷,使得评价方法更具有客观性与现实意义。但需要指出的是,不同类型的软件其评价指标也需要区别对待。因此,进一步的工作可以从以下方面入手:软件质量指标的多层次化和软件指标值的客观化、量化。

参考文献:

- [1] 周津慧,王宗,杨奎奎.基于模糊评价方法的软件质量评价研究[J].系统工程与电子技术,2004,26(7):988-991.
- [2] 李宗军,滕延燕.软件质量模糊评价模型及其算法[J].青岛大学学报(自然科学版),2004,17(2):86-90.
- [3] 刘宏兵,郭颂,熊炎.基于模糊推理的软件质量评价模型[J].计算机工程与设计,2005,26(8):2146-2149.

- [4] 石柱,何新贵.模糊软件质量综合评价[J].系统工程与电子技术,2002,24(12):121-122.
- [5] 李良宝,韩喜双.软件质量的多级模糊综合评价[J].哈尔滨工业大学学报,2003,35(7):812-815.
- [6] 杨扬.计算机软件质量模糊综合评价方法[J].小型微型计算机系统,2000,21(3):313-315.
- [7] 庞庆华.基于灰色理论的软件系统人机界面综合评价模型[J].计算机工程,2007,33(18):59-61.
- [8] 徐维祥,张全寿.一种基于灰色理论和模糊数学的综合集成算法[J].系统工程理论与实践,2001(4):114-119.
- [9] 徐维祥,张全寿.信息系统项目评价 DHGF 集成法[J].计算机工程与应用,2000,36(5):60-62.
- [10] 张喜成,汪江洪.粗糙集综合评价法在公交服务水平评价中的应用[J].统计与决策,2006,2:46-48.
- [11] 刘佳,魏彩巧,王西彬.粗糙集综合评价法在绿色制造评价中的应用研究[J].重庆环境科学,2003,25(12):64-67.
- [12] 钟波,肖智,周家启.组合预测中基于粗糙集理论的权利值确定方法[J].重庆大学学报,2002,25(7):127-130.