

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2016.01.009

基于多方意见集成的软件质量评估

赖锴, 崔春生

(河南财经政法大学计算机与信息工程学院 郑州 450046)

摘要: 软件质量评估过程多方意见的客观存在使得评估结果的获取存在一定的困难。由于多方意见的分析, 给最终评估结果的认可性带来困难, 进而分析了采用软集理论进行评价的可能性。论文借助系统集成企业实际项目的评估, 在参数集和方案集定义的基础上, 借助于 uni-int 算子的集成运算, 实现了多方质量评估的一致满意度。

关键词: 软集, 软件质量, 评估方法, uni-int 算子

Study on the Software Quality Evaluation Based on Multi View Integration

LAI Kai, CUI Chunsheng

(College of computer and information engineering, Henan University of economics and law, Zhengzhou 450046)

Abstract: It is difficult for software quality evaluation to get a consistent result due to various views in the evaluation process of software quality. In the paper, the possibility of using soft set theory is analyzed; the evaluation of the actual project of this system is integrated with the uni-int operator; and the satisfaction degree of the multiple quality evaluation is manifested.

Keywords: Soft sets, software quality, evaluation method, uni-int operator

基金支持: 本研究得到 2015 河南省高等学校重点科研项目 (15A120004); 河南科技厅基础研究项目 (52300410208); 2016 年度河南省高等学校重点科研项目 (16A120009) 的资助。

作者简介: 赖锴 (1982-), 硕士, 讲师, 研究方向: 管理信息系统方面的研究 email: laikai0314163@163.com; 崔春生 (1974-), 博士, 副教授, 硕士生导师。

软件质量一直被视为软件产品的生命,对客户、开发者以及软件产品自身价值来说都至关重要。在软件项目管理的九大知识域中,质量管理是三大重点之一,同时也是整体管理关注的两个要素之一。

目前广泛使用的定义为“软件与明确地和隐含地定义的需求相一致的程序”,这一定义强调了以下三个要点:1) 软件需求是度量软件质量的基础;2) 工程化的开发准则是软件质量的保证;3) 隐含需求的满足是软件质量的前提^[1]。但是,在实际项目中,由于客户、开发者和销售人员对产品或项目的理解存在差异,因而也产生了不同的质量评价标准,进而造成质量评估环节的分歧与矛盾。

1 软件质量的评价综述

软件质量的定义很多,说明对软件质量的认知无法借助单一指标进行有效的评价和衡量,需要从用户、需求、属性、维护等多个方面多个维度来评价。目前,国内外应用比较广泛的软件质量模型有ISO9126模型、McCall模型、Boehm模型、Perry模型、Gillies模型^[2]和FURPS模型等。其中,ISO9126模型将软件质量分为外部质量、内部特征和用户的使用质量,这些“质量”涉及软件产品不同生命周期阶段的不同形态问题。McCall模型建立了软件质量特征和软件度量项之间的关系,但是它的度量项有些不是客观指标,而是主观判断,另外它没有从软件生存周期不同阶段的存在形态来考虑,仅仅考虑了一种产品形态,不利于软件产品早期发现缺陷以及降低维护成本。Boehm模型与McCall模型相似,也是一种由纵向软件特征构成的层次模型,唯一的差别在于特征的种类,同时,Boehm模型和McCall模型有一个共同缺陷,就是未能反映质量要素之间的关系。FURPS模型的缺点在于没有考虑软件产品的可移

植性。而对于现代软件产业来说,产品的可移植性非常重要^[3]。也有人从软件的易用性角度分析软件质量,并将软件的易用性表达为易理解、易学、易操作、吸引性和依从性等几个指标^[4]。以上软件质量的定义都是从“产品”的角度分析问题,忽略了产品的开发过程。正如前文所述,鉴于甲乙双方发理解、认识及关注点的差异,软件质量会存在很大差异。如何从开发环节出发,在满足开发基本规律基础上达到销售人员以及用户的满意,是值得研究的问题。

通常情况下,用户认为,功能、性能、接口满足了需求就是好软件;营销人员认为,客户群大且能卖个好价钱就是好软件;开发者认为:易维护、可移植、可重用就是好软件。可见,从甲乙双方发出发,进一步满足用户、营销、开发者三方要求才是质量评估的基础所在。

目前,软件质量评价方法的研究主要包括层次分析法^[5]、模糊综合评判方法^[2,6]、vague集评价方法^[7]、灰度评价方法^[8]、神经网络方法^[9]、支持向量机^[10]等。所有的方法都有一个共同的特点,在于解决评价中的不确定性。但是尚未解决质量评估中“众口难调”“三方共赢”的问题。软集理论中,集合交并的运算思想恰好为该问题的解决提供了有效的途径。

2 基于软集理论的评价思想描述

随着不确定性理论的进一步发展,俄罗斯科学院的D.Molodtsov教授^[11]于1999年发表了文章“softset theory—first result”并以房屋对购房者的吸引力问题为例,从“参数化”角度给出了软集合(Soft Set)的数学定义和描述,指出软集合是一种刻画、分析和处理不精确、不完备信息的数学工具。其特点在于只需要对一个对象进行“近似”的描述,无需给出精确的结果,这种无约束的近似描述,给软集合的应用实践带来了许多优点和

方便。技术创新评价中固有的主观因素，造成不同评价者评价时可能会有不同的标准，选择不同的指标，而评价结果也不可能总是最优解，所以技术创新评价与软集的思想存在一定程度的契合。软集通过强化参数工具，在一定程度上克服了概率论、模糊集理论、区间数学以及粗糙集理论等自身存在的缺陷。

Molodtsov 给出的软集的一般定义：设 U 是论域， E 是参数集， $P(U)$ 是 U 的幂集，取 $A \subset E$ 。当且仅当 F 是 A 到 U 的所有子集上的一个映射，则称 $S = (F, A)$ 是 U 上的一个软集合，即：

$$F : A \rightarrow P(U)。$$

从软集合的定义可以看出，软集合是由参数集合到论域的幂集上的一个映射构成的二元组。所以软集合也可以看成是论域参数化的子集族，即由参数组织起来的一些子集构成的整体，也有学者认为软集合可看作是给定论域的参数化子集族^[12]。

在软集 $S = (F, A)$ 中，对于任意的参数 $a \in A$ ，每个近似函数 $F(a) \subseteq U$ 都可以看作是 $S = (F, A)$ 的一个 a -元素。换言之，近似函数 $F(a)$ 可以是任意的，甚至是一个空集^[11]。显然，L.A.Zadeh 提出的模糊集^[13]是软集合的一种特殊情况。

软集合理论中的交和并运算源于普通集合的交集、并集运算，得出如下定义：

设 (F, A) 和 (G, B) 是 U 上的两个软集，那么 (F, A) 和 (G, B) 的交运算 (H, C) 仍为一个软集合，其中 $C = A \cap B$ ，对 $\forall e \in C$ ，定义为：

$$H(e) = F(e) \cap G(e)$$

记为 $(F, A) \cap (G, B) = (H, C)$ 。

设 (F, A) 和 (G, B) 是 U 上的两个软集，那么 (F, A) 和 (G, B) 的并运算 (H, C) 仍为一个软集合，其中 $C = A \cup B$ ，对 $\forall e \in C$ ，定义为：

$$H(e) = \begin{cases} F(e), & \text{if } e \in A - B \\ G(e), & \text{if } e \in B - A \\ F(e) \cup G(e), & \text{if } e \in A \cap B \end{cases}$$

记为 $(F, A) \cup (G, B) = (H, C)$ 。

软集合的交集运算，采用了“参数集交，近似集交”的运算，软集合的并集运算采用了“参数集并，近似集并”的算法^[14]。

软集合最直观的应用是在决策理论当中，尤其是在多人多属性决策当中。最早提出软集合决策方法的是 Nairn Cagman, Serdar Enginoglu 两位学者，两人在文献^[15]中深入研究了软集合的“直积运算” (\wedge -product)，在此基础之上提出 uni -int 决策方法^[15]。 uni -int 方法从两个给定的软集合出发，这两个软集合表示的就是不同知识背景的决策参与者按照自己熟悉的知识领域，提供的相关决策信息。其基本思想是先对软集合进行直积运算 (\wedge -product)，然后再对再对直积运算的结果使用算子 uni -int 求出符合条件的决策集。就其本质而言 uni -int 方法是对原始方案集的一种“约简”，即剔除了不符合条件的一些决策方案，当然结果中包含了决策参与者都满意的决策方案。

uni -int 算子计算方法描述为：

设 $F_A \wedge F_B \in \wedge(U)$ ，基于软集 F_A, F_B 的 uni -int 积运算，则算子 uni_x -int_y 和 uni_y -int_x 分别表示为：

$$uni_x \text{int}_y : \wedge(U) \rightarrow P(U), uni_x \text{int}_y (F_A \wedge F_B) = \bigcup_{x \in A} (\bigcap_{y \in B} (f_{A \wedge B}(x, y)))$$

$$uni_y \text{int}_x : \wedge(U) \rightarrow P(U), uni_y \text{int}_x (F_A \wedge F_B) = \bigcup_{y \in B} (\bigcap_{x \in A} (f_{A \wedge B}(x, y)))$$

显然 $uni_x \text{int}_y (F_A \wedge F_B) \neq uni_y \text{int}_x (F_A \wedge F_B)$ ，但是当时 $(F_A \wedge F_B) \in \wedge(U)$ ，

$$uni_x \text{int}_y (F_A \wedge F_B) = uni_y \text{int}_x (F_A \wedge F_B)$$

进而得到： uni -int : $\wedge(U) \rightarrow P(U)$

$$uni - int(F_A \wedge F_B)$$

$$= uni_x int_y (F_A \wedge F_B) \cup uni_y int_x (F_A \wedge F_B)。$$

以上给出的是工 A, B 两组决策者都满意的决策方案，一般的可以把这种决策方法推广到多人决策。三组决策者决策时，可以定义 $uni - int$ 算子分别为 $uni_x - int_{yz}$ 、 $uni_x - int_{yz}$ 和 $uni_z - int_{xy}$ 分别表示为：

$$uni_x int_{yz} : \wedge(U) \rightarrow P(U), uni_x int_{yz} (F_A \wedge F_B \wedge F_C)$$

$$uni_y int_{xz} : \wedge(U) \rightarrow P(U), uni_y int_{xz} (F_A \wedge F_B \wedge F_C)$$

$$uni_z int_{xy} : \wedge(U) \rightarrow P(U), uni_z int_{xy} (F_A \wedge F_B \wedge F_C)$$

显然，

$$uni_x int_{yz} (F_A \wedge F_B \wedge F_C) \neq uni_y int_{xz} (F_A \wedge F_B \wedge F_C)$$

$$\neq uni_z int_{xy} (F_A \wedge F_B \wedge F_C)，$$

但是当 $(F_A \wedge F_B \wedge F_C) \in \wedge(U)$ 时，

$$uni_x int_{yz} (F_A \wedge F_B \wedge F_C) = uni_y int_{xz} (F_A \wedge F_B \wedge F_C)$$

$$= uni_z int_{xy} (F_A \wedge F_B \wedge F_C)$$

进而得到：

$$uni - int : \wedge(U) \rightarrow P(U)$$

$$uni - int(F_A \wedge F_B \wedge F_C)$$

$$= uni_x int_{yz} (F_A \wedge F_B \wedge F_C) \cup uni_y int_{xz} (F_A \wedge F_B \wedge F_C)$$

$$(F_A \wedge F_B \wedge F_C) \cup uni_z int_{xy} (F_A \wedge F_B \wedge F_C)。$$

3 基于软集思想的评价过程

软件质量评估是典型的多属性多人决策问题，用户、营销及开发者因考虑因素差异，在评估过程中会产生一定的分歧。采用软集合的思想可以有效的规避这种矛盾，得到“集成”的评价结果。下文以深圳学君信息技术有限公司承建的3个系统集成项目为例，采用软集合方法进行评价。其过程可以描述为以下几个步骤：

Step1. 评价指标选取。基于上文的探讨，在软件质量管理领域，广泛使用的是 ISO 9216 提出的六大评价指标。其中功能性包括：适合性、准

确性、互操作性、依从性、安全性；可靠性包括：成熟性、容错性、易恢复性；易用性包括：易理解性、易学性、易操作性；效率包括：时间特性、资源特性；可维护性包括：易分析性、易改变性、稳定性、易测试性；可移植性包括：适应性、易安装性、遵循性、易替换性。六大评价指标之间具有相生相克的关系^[16]，如表1所示。

表1 软件质量特性之间的关系

	功能性	可靠性	可使用性	效率	可维护性	可移植性
功能性		不利			有利	
可靠性	不利			不利		有利
可使用性				不利	有利	有利
效率		不利	不利		不利	不利
可维护性	有利		有利	不利		有利
可移植性		有利	有利	不利	有利	

Step2. 定义软件质量评估软集合的参数集^[17]：

$$E = \{e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6, e_7, e_8, e_9, e_{10}, e_{11}, e_{12}, e_{13}, e_{14}, e_{15}, e_{16}, e_{17}, e_{18}, e_{19}, e_{20}, e_{21}\}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{适合性, 准确性, 互操作性, 依从性, 安全性, 成熟性, 容错性,} \\ \text{易恢复性, 易理解性, 易学性, 易操作性, 时间特性, 资源特性, 易分析性,} \\ \text{易改变性, 稳定性, 易测试性, 适应性, 易安装性, 遵循性, 易替换性} \end{array} \right\}$$

Step3. 决策参与者根据自己对决策对象的理解构造决策软集合。

定义用户、营销、开发者三方的软集合参数集分别表示为 E_1, E_2, E_3 ：

$$E_1 = \{e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6, e_7, e_8, e_9, e_{10}, e_{11}, e_{12}, e_{15}, e_{16}, e_{18}, e_{19}, e_{21}\}$$

$$E_2 = \{e_2, e_4, e_5, e_6, e_7, e_8, e_{10}, e_{11}, e_{15}, e_{16}, e_{19}, e_{21}\}$$

$$E_3 = \{e_1, e_2, e_3, e_4, e_7, e_8, e_{12}, e_{13}, e_{14}, e_{16}, e_{17}, e_{19}, e_{20}, e_{21}\}$$

分别由用户、营销、开发者三方实施决策，得到3个决策组的评价打分如表2、表3和表4所示。表格的第一列表示论域 U 上所有参评的系统集成项目，表格在第一行表示所有的参数，即评价指标。如果对象 h_i 在参数 e_j 对应的近似集中，在表中对应位置取值为1，否则在对应位置取值为0。

表2 用户评估结果

U	e1	e2	e3	e5	e6	e7	e8	e9	e10	e11	e12	e15	e16	e18	e19	e21
h1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
h2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
h3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

表3 营销评估结果

U	e2	e4	e5	e6	e7	e8	e10	e11	e15	e16	e19	e21
h1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
h2	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
h3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

表4 开发者评估结果

U	e1	e2	e3	e4	e7	e8	e12	e13	e14	e16	e17	e19	e20	e21
h1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
h2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
h3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

Step4. 计算不同软集合的 \wedge -product 结果。

用户组的 \wedge -product 结果为 $\{h_1, h_2, h_4\}$ ，营销组的结果为 $\{h_1, h_3\}$ ，开发组的 \wedge -product 结果为 $\{h_1, h_3\}$ 。

Step5. 计算三人决策算子的结果。

$$uni_x \text{ int}_{yz} : \wedge(U) \rightarrow P(U), uni_x \text{ int}_{yz}(F_A \wedge F_B \wedge F_C)$$

$$uni_y \text{ int}_{xz} : \wedge(U) \rightarrow P(U), uni_y \text{ int}_{xz}(F_A \wedge F_B \wedge F_C)$$

$$uni_z \text{ int}_{xy} : \wedge(U) \rightarrow P(U), uni_z \text{ int}_{xy}(F_A \wedge F_B \wedge F_C)$$

Step6. 计算 uni -int，得到满意的决策对象。

$$uni - \text{int}(F_A \wedge F_B \wedge F_C)$$

$$= uni_x \text{ int}_{yz}(F_A \wedge F_B \wedge F_C) \cup uni_y \text{ int}_{xz}(F_A \wedge F_B \wedge F_C)$$

$$\cup uni_z \text{ int}_{xy}(F_A \wedge F_B \wedge F_C)$$

$$= h_1$$

相比 Vague 方法得到的结果也有一定的差异。原因在于软集理论方法在评价的过程中考虑到了多方的要求，并对各方要求以“均等”的思想对待，这不同于模糊综合评价中的加权思想以及 vague 集理论中的记分函数思想^[19]，相对而言与实际情况更为贴切。

参考文献

- [1] 郑鹏. 基于灰色-Vague 集的软件质量综合评价[J]. 莆田学院学报. 2014, 21(2): 55-59.
- [2] 张秀琦, 唐吉洪. 基于模糊层次分析法的软件质量评价模型[J]. 计算机与数字工程. 2012, 40(8): 45-47.
- [3] 曹毅, 赵波, 张利锋. 基于 AHP 的软件质量模糊综合评价研究与实现[J]. 计算机测量与控制. 2013, 21(12): 3306-3308.
- [4] 李金玉, 王曙燕, 孙家泽. 基于加权 D-S 的软件易用性评估模型[J]. 计算机工程与设计. 2016, 37(1): 118-123.
- [5] 岳峰, 苏兆品, 陆阳, 等. 基于模糊软集合的软

四 结论

论文借助人工智能中的软集理论探讨了软件质量评估的问题，较已有的模糊综合评价方法在不确定信息^[18]的处理上面有一定的优势。同时，

- 件质量综合评价方法 [J]. 系统工程与电子技术 . 2013, 35(7): 1460-1465.
- [6] 张洪玲, 张琦 . SaaS 软件质量分层模糊综合评价方法研究 [J]. 软件导刊 . 2015, 14(3): 1-3.
- [7] 陈文, 余本功 . 基于 Vague 软集的 TOPSIS 方法及其应用研究 [J]. 计算机工程与应用 . 2014(17): 214-218.
- [8] 刘渝妍 . 基于灰色定权聚类的软件质量评价模型研究 [J]. 西南大学学报 (自然科学版). 2008, 30(5): 177-180.
- [9] 郑鹏 . 基于 LM-BP 神经网络的软件质量综合评价 [J]. 山东理工大学学报 (自然科学版) . 2016, 30(3): 74-78.
- [10] 赵越 . 基于支持向量机的软件质量评价 [J]. 计算机技术与发展 . 2015, 25(12): 76-79.
- [11] Molodtsov D. Soft set theory-first results[J]. Computers and Mathematics with Applications. 1993(37): 19-31.
- [12] 苗乾坤 . 基于软集理论的方案筛选与排序方法研究 [D]. 东北大学, 2012.
- [13] Zadeh LA. Fuzzy sets[J]. Information and Control, 1965, 8: 338-356.
- [14] 肖智 . 基于软信息的软决策新方法研究 [D]. 重庆大学, 2003.
- [15] Cagman N, Enginoglu S. Soft set theory and uni-int decision making[J]. European Journal of Operational Research, 2010, 207: 848-855.
- [16] 赵蕾, 李小林, 赵娟 . 一种基于 TOPSIS 的软件质量评价方法 [J]. 现代电子技术, 2012, 35(22): 87-90.
- [17] 缪彬 . 基于软集合理论的不确定性多属性决策方法研究 [D]. 昆明理工大学, 2014.
- [18] 崔春生 . 基于集团序方法的推荐系统输出 [J]. 系统工程理论与实践, 2013, 31(7): 1845-1851.
- [19] 崔春生 . 基于 Vague 集的网上机票比价研究 [J]. 系统工程理论与实践, 2015(2): 437-444.