

模糊层次分析法在综合电子信息系统标准适用性分析中的应用

周 曼,沈 涛,周荣坤

(中国电子科学研究院,北京 100041)

摘 要: 综合电子信息系统标准的适用性决定了系统实现的准确性.运用模糊层次分析法,结合综合电子信息系统标准适用性要求和特征,论述了模糊层次分析法的基本步骤,给出了一个标准适用性分析案例,证实了模糊层次分析法在综合电子信息系统标准适用性分析中的有效性.最后结合工作经验,对开展综合评价活动给出了思考与建议.

关键词: 模糊层次分析法; 指标体系; 信息系统; 标准适用性

中图分类号: N945 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2010) 03-0654-04

Application of Fuzzy AHP in Integrated Electronic Information System Standard Applicability

ZHOU Man, SHEN Tao, ZHOU Rong-kun

(China Academy of Electronics and Information Technology, Beijing 100041, China)

Abstract: Integrated Electronic Information System standard applicability decides the accuracy of the system implementation. Combining the standard applicability requirements and characteristics together, the fuzzy AHP method and basic steps in analyzing standard applicability is introduced. Then a study case of standards applicability analysis in Integrated Electronic Information System is discussed and the validity of the method is confirmed. At last, thoughts and suggestions about comprehensive evaluation are given combining work experience.

Key words: fuzzy AHP; measures of merit; information systems; standard applicability

1 引言

随着新技术的不断涌现和飞速发展,将新技术更好地应用到军事领域成为世界各军事大国实现军队现代化的一致选择.新一代的综合电子信息系统具有以网络为中心、面向服务、基于能力的技术特征,作为支撑系统技术体制的标准体系,在系统设计、分析和实现方面都显得尤为重要.

标准体系及标准选取的合理性、适用性更是决定了系统实现的准确性.如何在众多的标准中选取到能够反应系统特征、满足系统要求的标准,成为目前亟待思考的问题.通过专家调查、面谈等方法从某种程度上可以解决这个问题,本文从另一个角度,通过将层次分析法和模糊综合评价法相结合,建立了综合电子信息系统面向服务支撑标准评价的层次分析模型,举例说明了综合评价的基本步骤,并根据实际情况进行了分析,对使用此方法提出了一点体会和建议.

2 评价方法

层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, 简记 AHP) 是一种实用的多准则决策分析法,它把一个复杂问题表示

为有序的梯阶层次结构,通过人们的判断对决策方案的优劣进行排序.模糊层次分析法是模糊综合评价法与层次分析法相结合而产生的一种综合评价方法,主要用于对 AHP 模型中定性评价指标的模糊处理,使定性问题定量化^[1],以便进行统一规范的数量化处理.其基本方法和步骤如下:

- 建立评价指标体系;
- 计算评价指标权重集^[2];
- 建立评价结论集;
- 建立评价指标评判矩阵;
- 建立评判模型^[3];
- 模糊综合评判:采用模糊分布法^[4],将上述评判结果归一化.

下面以综合电子信息系统标准适用性分析为例,说明模糊层次分析法的具体评价过程和评价结论.

3 综合电子信息系统标准适用性分析实例

面向服务是近几年提出的一种软件架构实现理念,随着其实现技术的不断成熟,在军事领域被广泛的应用,目前,支撑这方面技术的国家军用标准还几乎没有,而商用的标准/规范较多,制定的组织主要有 OASIS

(结构化信息标准促进组织)、WS-I(Web 服务互操作组织)、W3C(万维网联盟)、OSOA(开放 SOA 合作组织),这些商用标准/规范对于军事应用的特点是否适用,就需要有针对性地对这些标准/规范进行适用性分析和评价。

下面就以支撑面向服务的标准为例,根据综合电子信息系统特征和系统要求,选取了 10 个商用规范,从内容、功能角度分为五组:第一组发现和描述、第二组消息传输、第三组服务调用、第四组流程服务、第五组协议和表述,每组两个标准,对每组功能相近的两个规范进行了适用性对比分析,具体比较分析过程如下:

首先,建立评价支撑面向服务标准的评价指标,详见图 1。

根据综合电子信息系统未来向面向服务、以网络为中心等特点,对于支撑这方面要求的标准来说,在标准选取上都应把这些因素考虑进去,因此,在准则层确定了三个评价标准较重要的因素:标准性质、标准成熟性、标准配套产品支撑,在次准则层确定了 11 个次准则。

通过对各因素进行比较,依据各因素的相对重要性,采用 1-9 及其倒数的标度方法,构造两两比较判断矩阵 U 为:

$$U = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 3 \\ 3 & 1 & 5 \\ 1/3 & 1/5 & 1 \end{bmatrix}_{3 \times 3}$$

根据图 1 判断出相对于标准性质准则 $u_{11}-u_{15}$ 指标的两两比较判断矩阵 U_1 、相对于标准成熟性准则 $u_{21}-u_{23}$ 指标的两两比较判断矩阵 U_2 、相对于标准配套产品支撑准则 $u_{31}-u_{33}$ 指标的两两比较判断矩阵 U_3 ,如下:

$$U_1 = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 & 5 & 6 \\ 1/3 & 1 & 3 & 3 & 5 \\ 1/5 & 1/3 & 1 & 3 & 5 \\ 1/5 & 1/3 & 1/3 & 1 & 3 \\ 1/6 & 1/5 & 1/5 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}_{5 \times 5},$$

$$U_2 = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 1/3 & 1 & 3 \\ 1/5 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}_{3 \times 3},$$

$$U_3 = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 5 \\ 2 & 1 & 6 \\ 1/5 & 1/6 & 1 \end{bmatrix}_{3 \times 3}.$$

根据本准则,对各层次单排序进行计算以及求得一致性检验结果(利用 MATLAB 语言编程计算,中间结果略,仅给出最终结果),具体如下:

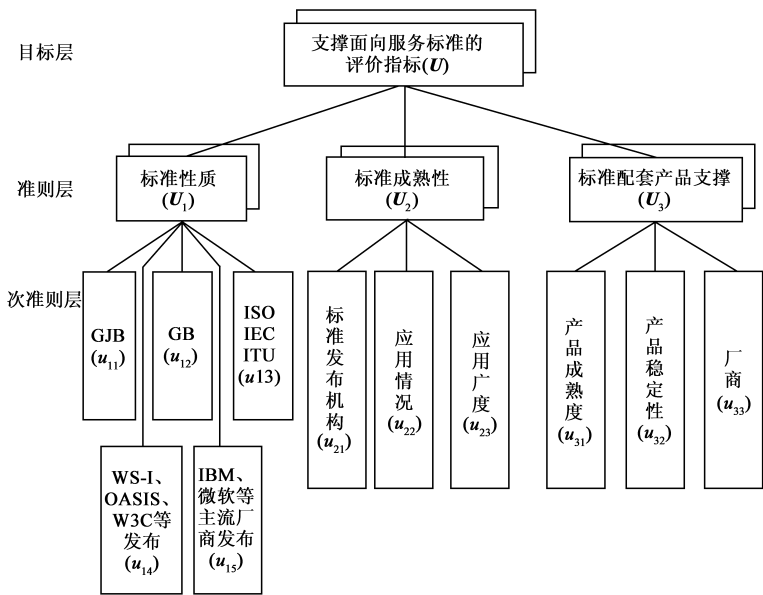


图1 支撑面向服务标准评价指标体系的层次分析结构图

对于判断矩阵 U 来说,对其进行一致性检验,计算结果为:

$$W = \begin{bmatrix} 0.258 \\ 0.637 \\ 0.105 \end{bmatrix}, \lambda_{\max} = 3.0385,$$

$$CI = 0.019, RI = 0.58, CR = 0.033$$

($CR < 0.10$, 满足条件)

其中 W 为特征向量(对向量 \bar{w} 的归一化), λ_{\max} 为最大特征根, CI 为度量判断矩阵偏离一致性指标, RI 为判断矩阵的平均随机一致性指标, CR 为随机一致性比率。

对于判断矩阵 U_1 来说,对其进行一致性检验,计算结果为:

$$W = \begin{bmatrix} 0.486 \\ 0.243 \\ 0.146 \\ 0.081 \\ 0.043 \end{bmatrix}, \lambda_{\max} = 5.3580,$$

$$CI = 0.0895, RI = 1.12, CR = 0.0799$$

($CR < 0.10$, 满足条件)

对于判断矩阵 U_2 来说,对其进行一致性检验,计算结果为:

$$W = \begin{bmatrix} 0.637 \\ 0.258 \\ 0.105 \end{bmatrix}, \lambda_{\max} = 3.0385,$$

$$CI = 0.019, RI = 0.58, CR = 0.033$$

($CR < 0.10$, 满足条件)

对于判断矩阵 U_3 来说,对其进行一致性检验,计算结果为:

$$W = \begin{bmatrix} 0.342 \\ 0.576 \\ 0.081 \end{bmatrix}, \lambda_{\max} = 3.0291,$$

$$CI = 0.015, RI = 0.58, CR = 0.025$$

($CR < 0.10$, 满足条件)

评价综合电子信息系统支撑面向服务标准指标的层次总排序如下,见表 1.

表 1 综合电子信息系统分类标准指标的总排序

| 层次 U | U_1 | U_2 | U_3 | 总排序 W |
|----------|-------|-------|-------|---------------------------------------|
| 子层次 u | 0.258 | 0.637 | 0.105 | $\sum_{j=1}^3 U_j \mu_{ij} (i=1,2,3)$ |
| u_{11} | 0.486 | 0 | 0 | 0.125 |
| u_{12} | 0.243 | 0 | 0 | 0.063 |
| u_{13} | 0.146 | 0 | 0 | 0.038 |
| u_{14} | 0.081 | 0 | 0 | 0.021 |
| u_{15} | 0.043 | 0 | 0 | 0.011 |
| u_{21} | 0 | 0.637 | 0 | 0.406 |
| u_{22} | 0 | 0.258 | 0 | 0.164 |
| u_{23} | 0 | 0.105 | 0 | 0.067 |
| u_{31} | 0 | 0 | 0.342 | 0.036 |
| u_{32} | 0 | 0 | 0.576 | 0.06 |
| u_{33} | 0 | 0 | 0.081 | 0.009 |

第二,根据以上指标分析数据,得到评价指标体系的权重,见表 2.

表 2 评价指标体系及权重

| 分类 | 标准性质 (25%) | | | | | 标准成熟 (64%) | | | 标准配套产品支撑 (11%) | | |
|------|---------------------|--------------------|-----------------------------------|---|---|--------------------------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| | CJB (u_{11}) | CB (u_{12}) | ISO IEC ITU (u_{13}) | WS-I, OASIS 、 W3C 等发 布 (u_{14}) | IBM, 微软 等主 流厂 商发 布 (u_{15}) | 标准 发布 机构 (u_{21}) | 应用 情况 (u_{22}) | 产品 广 度 (u_{23}) | 产品 成 熟 度 (u_{31}) | 产品 稳 定 性 (u_{32}) | 厂商 (u_{33}) |
| 评价指标 | | | | | | | | | | | |
| 权重 | 12 | 6 | 4 | 2 | 1 | 41 | 16 | 7 | 4 | 6 | 1 |

第三,建立评价结论集.

针对五组规范,按照评价指标,进行了专家综合评价,请相关业内专家对所提出的 3 类 11 个指标进行了打分,设定评价结论等级为 4,相应的分数集见表 3.(专家综合打分的原始数据略)

表 3 综合电子信息系统支撑面向服务标准评价结论集

| 分数集 | 20-40 | 40-60 | 60-80 | 80-100 |
|-----|-------|-------|-------|--------|
| 等级 | 不满足 | 基本满足 | 满足 | 非常满足 |

第四,建立评价指标评判矩阵 R ,计算出评价模型 B .此处只给出综合评价模型 B' ,中间计算过程省略.

$$B'_{WSDL} = (0.631, 0.1295, 0.0095, 0.23)$$

$$B'_{OWL-S} = (0.356, 0.1305, 0.2835, 0.23)$$

$$B'_{XML\ Web} = (0.6310, 0.131, 0.0115, 0.2265)$$

$$B'_{ebXML} = (0.4360, 0.257, 0.077, 0.23)$$

$$B'_{SCA/SDO} = (0.446, 0.284, 0.04, 0.23)$$

$$B'_{JBI/JDO} = (0.593, 0.141, 0.036, 0.23)$$

$$B'_{WS4BPEL} = (0.4355, 0.284, 0.0505, 0.23)$$

$$B'_{WS-CDL} = (0.431, 0.17, 0.169, 0.23)$$

$$B'_{JSR168} = (0.438, 0.278, 0.054, 0.23)$$

$$B'_{WSRP} = (0.436, 0.2455, 0.0885, 0.23)$$

第五,模糊综合评价.根据以上数据进行模糊评价,得到对支撑面向服务标准评价结果如表 4 所示.

表 4 评价结果

| 组名 | 标准名称 | 分值 |
|-----|---------|-------|
| 第一组 | WSDL | 83.23 |
| | OWL-S | 72.25 |
| 第二组 | XML Web | 83.33 |
| | ebXML | 77.98 |
| 第三组 | SCA/SDO | 78.92 |
| | JBI/JDO | 81.94 |
| 第四组 | WS4BPEL | 78.5 |
| | WS-CDL | 76.04 |
| 第五组 | JSR168 | 78.48 |
| | WSRP | 77.75 |

从以上评价结果不难看出,从这五组规范中根据系统要求及特征,适用的标准为 WSDL、XML Web、JBI/JDO、WS4BPEL、JSR168.

4 开展综合评价活动的思考与建议

上面给出了一个有关支撑面向服务标准适用性分析的例子,对于综合评价活动在辅助决策、方案选优、奖优促劣等方面都起到了显著的成效,在各项工作中都发挥了重要的作用.在使用这些方法的同时,还应注意和进一步研究以下几点:

4.1 评价方法选用得当

综合评价活动中运用的评价方法大致可划分为两类^[5]:一类属于经验方法,如,层次分析法、模糊综合评判法;另一类属于数学方法,如,人工神经网络方法、数据包络分析法.

本文采用了层次分析法和模糊综合评判法的结合,通过评价,取得了较满意的结果.层次分析法与模糊综合评判法的结合,主要体现在将评价指标体系分成梯阶层次结构,运用层次分析法确定各指标的权重,然后分层次进行模糊综合评判,最后综合出总的评价结果.

综合上述对评价方法的分析,在应用时尽量避免不合理性和误差,在产生问题时可适当对方法和算子进行改进.

4.2 评价指标体系建立合理

一般在开展综合评价活动时,首先是确定分析研

究对象,而对象是通过指标体系来得到具体而清晰的体现,然后,评价活动围绕着指标体系而开展并最终得到结果.所以,从这一意义上讲,评价指标体系是综合评价活动成败的关键^[6].

4.3 通过应用验证

虽然综合评价的结果用数字表示,但其评价结果并不具有数学意义上的精确性,而是大体反映被评价对象的特点,其评价结果的准确与否并不是绝对的,还是需要定性的分析和解释,在定量数据的基础上与定性分析结合是必不可少的,而且通过实际应用是检验其准确与否的重要途径^[7].

通过在实践中不断的应用,检验该评价指标体系和综合评价方法的合理性和实用性,并根据实际情况的变化不断对其进行修正和完善.

5 结束语

本文将层次分析法与模糊综合评价法相结合,应用于综合电子信息系统标准适用性分析中,建立了标准适用性的层次分析评价指标,取得了较满意的结果.这种方法既可以处理定量问题,更可以处理定性问题,特别是对多因素、多标准、多方案的综合评价相当有效.对于定性问题,评价指标体系的建立是问题的关键,这要根据具体系统具体分析,而评价指标建立的准确与否可直接影响评价结果的给出,因此,建立一套准确、有效的评价指标体系是分析问题的关键.

参考文献:

- [1] Saaty TL. The Analytic Hierarchy Process[M]. New York: Mc Graw Hill, 1980.
- [2] 杜栋,庞庆华.现代综合评价方法与案例精选[M].北京:清华大学出版社,2005.16-18.
- [3] 李柏年.模糊数学及其应用[M].安徽:合肥工业大学出版社,2007.142-144.

- [4] 张跃,等.模糊数学方法及其应用[M].北京:煤矿工业出版社,1992.
- [5] 陈衍泰,陈国宏,李美娟.综合评价方法分类及研究进展[J].管理科学学报,2004,6(2):69-71.
CHEN Yan-tai, CHEN Guo-hong, LI Mei-juan. Classification & research advancement of comprehensive evaluation methods [J]. Journal of Management Sciences in China, 2004, 6(2): 69-71. (in Chinese)
- [6] 章文辉,杜百川,杨盈响.模糊层次分析法在广播电视信息安全保障评价指标体系中的应用研究[J].电子学报,2008,36(10):2060-2064.
ZHANG Wen-hui, DU Bai-chuan, YANG Ying-yun. Application of fuzzy analytic hierarchy process to TV and radio information assurance evaluation indicator systems [J]. Acta Electronica Sinica, 2008, 36(10): 2060-2064. (in Chinese)
- [7] WANG Xu-ping, SHANG Hong-yan, LIU Xiao-dong, BAIYong-jiang. Research into assessment for emergency capability of hazardous materials transportation based on fuzzy mathematics [J]. International Journal of Innovative Computing, Information and Control(IJICIC), 2008, 4(10): 2689-2696.

作者简介:



周 曼 女,工程师.1975年7月出生于北京.1998年毕业于天津理工大学无线电系电子工程专业,获学士学位.现在中国电子科技集团公司电子科学研究院工作,主要研究方向为总体技术与标准化技术.
E-mail: zp4229@sina.com

沈 涛 男,研究员,研究生导师.1953年出生于江苏省.现在中国电子科技集团公司电子科学研究院,主要研究方向为综合电子信息系统总体及软件技术.

周荣坤 男,工程师.1980年出生于湖南省.现在中国电子科技集团公司电子科学研究院,主要研究方向为体系结构技术、计算机软件与理论.