

基于模糊理论的多属性群决策的 web 服务评价优化算法

郑世明¹, 高志年¹, 张 璐², 吴从晖¹, 韦 伟¹

(1 南京陆军指挥学院 作战实验中心, 江苏 南京 210045;

2 北京市海淀区同方科技军代室, 北京 100083)

摘 要: 本文综合考虑到 web 服务性能和质量评价指标属性的多样性和描述语言的模糊性, 首先将对 web 服务评价属性的定量、定性描述指标统一转化为三角模糊数, 在充分利用三角模糊数性质的基础上, 构建群决策函数, 实现定量指标与定性指标的规范化处理, 在此基础上提出一种基于优先矩阵排序的模糊多属性群决策算法, 实现对 web 服务的综合评价. 最后, 通过 web 服务评估实例分析并证明了算法的可行性和有效性.

关键词: 群决策; 多属性; 三角模糊数; web 服务; 优化算法

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2012)11-0141-04

Multiple Attributive Group Decision Making Optimization Algorithm of Web Services Evaluation Based on Fuzzy Theory

ZHENG Shi-ming¹, GAO Zhi-nian¹, ZHANG Lu², WU Cong-hui¹, WEI Wei¹

(1 Nanjing Army Command College, Nanjing 210045, China;

2 Military Representative Office of Haidian Section, Beijing 100083, China)

Abstract: This paper takes into account the properties of web service, the diversity of quality evaluation as well as the description of the vagueness of the language. First, it converts the quantitative and qualitative evaluation indicator of web services into the triangular fuzzy number, and constructs a group decision making function based on the full use of the triangular fuzzy number nature, realizing normalization of indicators. On this basis, we propose a fuzzy-multiple attributive group decision making algorithm based on priority matrix sorting to implement comprehensive evaluation for web services. Finally, this method is proved feasible and effective in the evaluation of the web services by means of instance analysis.

Key words: group decision making; multiple attributive; triangular fuzzy numbers; web services; optimization algorithm

1 引言

Web 服务是基于网络的、分布式的、自描述的组件, 为了使用户获取最优的服务, 需要对 web 服务进行评价. 对 web 服务评价属于模糊多属性群决策问题.

国内很多文献采用三角模糊数解决不确定性的多属性群体决策问题^[2-4]. 国外学者的研究着重于群体决策行为过程的模拟和群体决策支持系统的开

发, 并且非常重视群体决策理论在管理和实践中的应用研究^[5-6]. 本文采用三角模糊数的处理方式实现对 web 服务评价属性的定量、定性描述指标的规范化处理, 在此基础上提出一种基于优先矩阵排序的模糊多属性群决策算法, 实现对 web 服务的综合评价.

2 基本概念

定义 1 设 $A = (a_s, a_m, a_t), B = (b_s, b_m, b_t)$

收稿日期: 2012-05-10; 修回日期: 2012-06-08

基金项目: 部委重点项目(09K14)

均为三角模糊数, $\oplus, \otimes$ 分别为模糊加和模糊乘算子, 则有: $A \oplus B = (a_s, a_m, a_t) \oplus (b_s, b_m, b_t) = (a_s + b_s, a_m + b_m, a_t + b_t)$, $A \otimes B = (a_s, a_m, a_t) \otimes (b_s, b_m, b_t) = (a_s \cdot b_s, a_m \cdot b_m, a_t \cdot b_t)$.

为了消除不同物理量纲对评估结果的影响, 下面给出模糊决策矩阵的规范化方法^[7].

3 基于模糊理论的多属性群决策的 web 服务自主优化评估算法

3.1 抛物线型模糊数

定义 2 设 $\tilde{P}$ 和 $\tilde{W}$ 是两个三角模糊数, 分别记为 (p_1, p_2, p_3) 和 (w_1, w_2, w_3) , $\tilde{P} \otimes \tilde{W}$ 是 $\tilde{P}$ 和 $\tilde{W}$ 的广义积, 是一个抛物线型的模糊数^[8], 为了便于描述将抛物线型的模糊数记作 $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3/\varepsilon/\beta_1, \beta_2, \beta_3)$. 其中

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= (w_2 - w_1)(p_2 - p_1), \\ \alpha_2 &= w_1(p_2 - p_1) + p_1(w_2 - w_1), \\ \alpha_3 &= w_1 p_1, \quad \varepsilon = w_2 p_2.\end{aligned}$$

定理 1 设 $\tilde{A}$ 是抛物线型模糊数, 记为 $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3/\varepsilon/\beta_1, \beta_2, \beta_3)$, 由均值面积度量法可知, $\tilde{A}$ 的均值为 $s(\tilde{A}) = \frac{1}{6}(\alpha_1 + \beta_1) + \frac{1}{4}(\alpha_2 - \beta_2) + \frac{1}{2}(\alpha_3 + \beta_3)$.

3.2 基于优先矩阵的排序算法

本文设计一种基于优先矩阵的排序算法 (Sorting Algorithm Based on Priority Matrix, SAPM) 实现对每个服务群中的原子 web 服务性能和质量的评估排序. 假设一次评价 (m 个评价者) 需要对 n 个元素 (web 服务) 进行逐一评价, 并将结果进行排序, 给出评判的模糊关系 R .

$$r_{jk} = \mu_{R(u_j, u_k)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mu_{L_i}(u_j, u_k),$$

$$j, k = 1, 2, \dots, m$$

$$\mu_{L_i}(u_j, u_k) = \begin{cases} 1 & \text{在 } L_i \text{ 中 } u_j \text{ 优于 } u_k \\ 0.5 & \text{在 } L_i \text{ 中 } u_j \text{ 和 } u_k \text{ 并列} \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

$$\text{即优先排序 } \tilde{R} = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{m1} & r_{m2} & \cdots & r_{mm} \end{bmatrix}$$

满足以下条件:

- (1) $r_{jj} = 0, j = 1, 2, \dots, m$.
- (2) $r_{jk} + r_{kj} = 1, j \neq k$ 或者对其还可以赋以权

$$\text{重 } r_{jk} = \mu_{R(u_j, u_k)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \alpha_i \mu_{L_i}(u_j, u_k), \sum_{i=1}^n \alpha_i = 1.$$

定义 3 $F(u)$ 为 U 的模糊幂集, 设 $A \in F(u), \lambda \in [0, 1]$, 记 $A_\lambda = \{u | u \in U, A(u) \geq \lambda\}$ 称 A_λ 为 A 的一个 λ 截集, λ 称为水平^[9].

通常, 取 $\lambda = 0.5$ 对赋值优先矩阵进行截割, 得到 0.5——截矩阵 $R_{0.5}$, 令 M_i 表示 $R_{0.5}$ 第 i 行中元素为 1 的个数, 最后按照 M_i 进行排序得到 U 中对应元素的排序.

3.3 基于三角模糊数的多属性群决策 web 服务评价优化算法

本文所提出的模糊多属性群决策算法的思想是: 由于 web 服务评价指标属性的模糊性, 首先需要将 web 服务评价属性的定量、定性描述指标转化为统一的三角模糊数, 然后利用三角模糊数性质构建群决策函数, 并对决策矩阵进行规范化处理, 通过基于优先矩阵排序的模糊多属性群决策算法, 实现对 web 服务性能评价排序. 具体算法步骤如下:

步骤 1: 将 web 服务质量指标评价值和指标的权值转换成三角模糊数的表示形式.

步骤 2: 利用三角模糊数的广义乘法运算综合评估者 D_k 对服务 T_i 就属性 A_j 做出的评价的三角模糊数 $\tilde{P}_{ij}^{(k)} = (\tilde{p}_{1ij}^{(k)}, \tilde{p}_{2ij}^{(k)}, \tilde{p}_{3ij}^{(k)})$ 与其对应的权值 $\tilde{w}_j^{(k)} = (w_{1j}^{(k)}, w_{2j}^{(k)}, w_{3j}^{(k)})$, 以形成评估者 D_k 对候选 web 服务的一个加权综合评价矩阵 $\tilde{D}^{(k)} = [\tilde{d}_{ij}^{(k)}], \tilde{d}_{ij}^{(k)} = \tilde{w}_j^{(k)} \otimes \tilde{p}_{ij}^{(k)}$.

步骤 3: 根据定义 1 和定义 2, 利用抛物线型模糊数的广义加法运算定义一个模糊决策数 $\tilde{T}_i^{(k)}$ 对应于服务 $T_i, i = 1, 2, \dots, m$. 即

$$\tilde{T}_i^{(k)} = \tilde{d}_{i1}^{(k)} \oplus \tilde{d}_{i2}^{(k)} \oplus \cdots \oplus \tilde{d}_{in}^{(k)}$$

步骤 4: 根据定理 1, 利用均值面积度量法为候选 web 服务进行排序. 评估者 D_k 的第 i 个服务的均值为 $s(\tilde{T}_i^{(k)}), i = 1, 2, \dots, m$.

步骤 5: 根据步骤 4 计算得到的结果, 对每个评估者对 web 服务的评价进行排序, 得到若干不同的线性排序.

步骤 6: 采用基于优先矩阵的排序算法 SAPM 对 web 服务性能总体评价排序.

4 算法实例

4.1 问题描述

在对 web 服务评价过程中, 设其对应的 web 服务实例个数为 3 个, 一共有 3 个评估者, 每个评估者

的权值分别为 $W_1=(0.2,0.3,0.5)$ 、 $W_2=(0.3,0.5,0.6)$ 和 $W_3=(0.1,0.2,0.3)$. 每个评估者分别从不同的角度去评估这些 web 服务的性能,3 个评估者的评估数据经统一模糊处理后分别如表 1、表 2 和表 3 所示.

表 1 转换后 A 评估者的三角模糊数表示

Web 服务	A 评估者评价指标		
候选集	服务价格	服务吞吐量	网络速率
WEB_S1	(0.64,0.64,0.64)	(0.45,0.45,0.45)	(0.38,0.38,0.38)
WEB_S2	(0.59,0.59,0.59)	(0.66,0.66,0.66)	(0.63,0.63,0.63)
WEB_S3	(0.34,0.34,0.34)	(0.55,0.55,0.55)	(0.5,0.5,0.5)
权重	$\tilde{w}_1^{(1)} =$ (0.3,0.4,0.4)	$\tilde{w}_2^{(1)} =$ (0.2,0.3,0.5)	$\tilde{w}_3^{(1)} =$ (0.1,0.3,0.4)

表 2 转换后 B 评估者的三角模糊数表示

Web 服务	B 评估者评价指标		
候选集	组合时间	传输时间	响应时间
WEB_S1	(0.67,0.84,1.0)	(0.25,0.5,0.75)	(0.33,0.5,0.67)
WEB_S2	(0.38,0.54,0.7)	(0.0,0.25,0.5)	(0.67,0.83,1.0)
WEB_S3	(0.33,0.49,0.66)	(0.33,0.58,0.83)	(0.0,0.17,0.33)
权重	$\tilde{w}_1^{(2)} =$ (0.3,0.4,0.5)	$\tilde{w}_2^{(2)} =$ (0.2,0.2,0.3)	$\tilde{w}_3^{(2)} =$ (0.3,0.4,0.5)

表 3 转换后 C 评估者的三角模糊数表示

Web 服务	C 评估者评价指标		
候选集	成功率	服务信誉	安全性
WEB_S1	(0.48,0.48,0.48)	(0.5,0.67,0.83)	(0.8,0.8,0.8)
WEB_S2	(0.55,0.55,0.55)	(0.33,0.5,0.67)	(0.9,0.9,0.9)
WEB_S3	(0.51,0.51,0.51)	(0.67,0.83,1.0)	(0.3,0.3,0.3)
权重	$\tilde{w}_1^{(3)} =$ (0.3,0.4,0.4)	$\tilde{w}_2^{(3)} =$ (0.4,0.5,0.6)	$\tilde{w}_3^{(3)} =$ (0.2,0.3,0.4)

4.2 实例求解过程

步骤 1: 分别计算每一个评估者对候选服务的评价的三角模糊数与其对应权值的乘积, 分别计算 $\tilde{p}_{ij}^{(m)} \otimes \tilde{w}_k^{(m)}, i, j=1, 2, 3; k=1, 2, 3; m=1, 2, 3$.

步骤 2: 根据步骤 1 的结果分别计算评估者对每个候选原子服务的加权和综合评价, 分别计算 $(\tilde{p}_{ij}^{(m)} \otimes \tilde{w}_1^{(m)}) + (\tilde{p}_{ij}^{(m)} \otimes \tilde{w}_2^{(m)}) + (\tilde{p}_{ij}^{(m)} \otimes \tilde{w}_3^{(m)}), i, j=1, 2, 3; m=1, 2, 3$.

步骤 3: 利用均值面积法分别为每个评估者计算每一个候选原子服务所对应的抛物线模糊数的度

量值.

$$s(\tilde{T}_1^{(1)})=0.489 \quad s(\tilde{T}_2^{(1)})=0.605 \quad s(\tilde{T}_3^{(1)})=0.443$$

$$s(\tilde{T}_1^{(2)})=0.662 \quad s(\tilde{T}_2^{(2)})=0.621 \quad s(\tilde{T}_3^{(2)})=0.41$$

$$s(\tilde{T}_1^{(3)})=0.759 \quad s(\tilde{T}_2^{(3)})=0.732 \quad s(\tilde{T}_3^{(3)})=0.705$$

步骤 4: 得到三个不同的线性排序.

$$L_1: T_2, T_1, T_3$$

$$L_2: T_1, T_2, T_3$$

$$L_3: T_1, T_2, T_3$$

步骤 5: 采用基于优先矩阵的排序算法对服务群中原子 web 服务性能总体评价排序. 即 $n=3$, 由

$$r_{jk} = \mu_{R(u_j, u_k)} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mu_{L_i}(u_j, u_k)$$

$$\text{计算得出: } r_{jj}=0, j=1, 2, 3, r_{12}=\frac{2}{3}, r_{13}=\frac{3}{3},$$

$$r_{21}=\frac{1}{3}, r_{23}=\frac{3}{3}, \text{取 } \lambda=0.5 \text{ 得到 } R_{0.5}$$

$$\tilde{R} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

则可以得到 $M_1=2, M_2=1, M_3=0$, 因此得到的排序 T_1, T_2, T_3 , 因此服务性能的优劣 WEB_S1、WEB_S2 和 WEB_S3.

4.3 λ 取值的讨论

λ 反映了截集的水平, 随着 λ 的不断变化, 对服务评价的排序结果并没有造成很大的影响, 说明了算法的有效性和可靠性. 如表 4 所示.

表 4 λ 取值变化对服务评价结果的影响

λ	M_1	M_2	M_3	原子服务评价排序
0.3	2	2	0	$M_1=M_2>M_3$
0.4	2	1	0	$M_1>M_2>M_3$
0.5	2	1	0	$M_1>M_2>M_3$
0.6	2	1	0	$M_1>M_2>M_3$

5 结束语

本文针对 web 服务评价指标属性的模糊性和多样性等特点, 采用三角模糊数的处理方式建立多属性群决策模型的基础上, 通过抛物线型模糊数的均值面积实现对每个评价者评价对象的初步排序, 提出了一种基于优先矩阵排序的模糊多属性群决策评价优化算法, 实现对 web 服务的综合评价. 最后, 通过一个 web 服务评估实例分析并证明了算法的可行性和有效性.

参考文献:

- [1] 胡丽芳,关欣,邓勇.一种三角模糊数型多属性群决策方法[J]. 控制与决策, 2011,12;(26):1878-1880.
- [2] 刘姗姗.基于三角模糊数的价值工程评标方法研究[D]. 天津大学, 2008.
- [3] 龚艳冰.方案偏好已知的三角模糊数型多属性决策方法[J]. 控制与决策, 2012,27(2):281-284.
- [4] 陈晓红,阳熹.一种基于三角模糊数的多属性群决策方法[J]. 系统工程与电子技术, 2008,30(2):279-282.
- [5] Zhou-jing Wang, Edward Y Qian. A vague-set-based fuzzy multi-objective decision making model for bidding purchase[J]. Journal of Zhejiang University SCIENCE A, 2007,8(4):644-650.
- [6] Jue Wang, San-Yang Liu, Jie Zhang, et al. On the Parameterized OWA Operators for Fuzzy MCDM Based on Vague Set Theory[J]. Fuzzy Optimization and Decision Making, 2006,5(1):5-22.
- [7] 汪金霞.基于梯形模糊数多属性群决策方法研究[D]. 合肥工业大学, 2009.
- [8] 周亚.多属性决策中的 TOPSIS 法研究[D]. 武汉理工

大学, 2009.

- [9] Zhang L, Li R H. Designing of classifiers based on immune principles and fuzzy rules[J]. Information Sciences, 2008(178): 1836-1847.

作者简介:



郑世明 男,(1981—),博士,工程师.研究方向为数据挖掘,作战仿真.

高志年 男,(1957—),教授.博士生导师,研究方向为计算机仿真,军事运筹.

张 璐 男,(1982—),硕士,工程师.研究方向为通信服务性能测试.

吴从晖 女,(1975—),硕士,副教授.研究方向为作战模拟.

韦 伟 男,(1965—),博士,教授.研究方向为作战模拟.

(上接第 140 页)

- [2] Manfred Reichert, Stefanie Rinderle, Ulrich Kreher, Peter Dadam. Adaptive Process Management with AD-EPT2[C]// Proc Int Conf on Data & Knowledge Engineering. Tokyo, Japan: IEEE, 2005.
- [3] Pesic M, Schonenberg H, W M Pvander Aalst. DECLARE: full support for loosely-structured processes [C]// proceedings of the 11th IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference, Washington, DC, USA: IEEE, 2007: 287-298.
- [4] Cutler R, Davis L. Robust real-time periodic motion detection, analysis, and application[J]. IEEE Trans Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2000.

- [5] W M P van der Aalst, Mathias Weske, Dolf Grunbauer. Case Handling: a new paradigm for business process support[J]. Data & Knowledge Engineering, 2005, (53): 129-162.

- [6] Dominic Müller, Manfred Reichert, Joachim Herbst, et al. Data-driven modeling and coordination of large process structures[J]. Computer Science, 2007.

作者简介:

陈义松 男,(1986—),硕士.研究方向为柔性 workflow 技术.

汪 芸 女,(1967—),博士生导师.研究方向为分布式计算、中间件技术和容错理论.