

基于区间直觉模糊多维集成的电子商务信任模型

钟 麟,张 健,梁建海

(西京学院 理学院,西安 710123)

摘 要: 在现有的电子商务交易信任算法中,多数忽视用户主观偏好的不确定性,且未考虑语言评价信息。为此,建立一种多维集成信息的信任模型。将多维信任反馈信息集成为区间直觉模糊数,基于逼近理想解排序法计算其相对于理想区间直觉模糊数的贴适度,并对各服务实体的信任程度进行排序。在模型中加入惩罚项,以防止网上欺诈行为。仿真结果表明,该模型考虑用户的主观风险偏好,能够对定量和定性评价信息进行有效评估,其防欺诈能力优于区间云模型。

关键词: 区间直觉模糊;信任评价;逼近理想解排序法;模糊贴适度;风险偏好

中文引用格式:钟麟,张健,梁建海. 基于区间直觉模糊多维集成的电子商务信任模型[J]. 计算机工程,2019,45(4): 316-320.

英文引用格式:ZHONG Lin,ZHANG Jian,LIANG Jianhai. Multi-dimension integrated electronic commerce trust model based on interval-valued intuitionistic fuzzy[J]. Computer Engineering,2019,45(4):316-320.

Multi-dimension Integrated Electronic Commerce Trust Model Based on Interval-valued Intuitionistic Fuzzy

ZHONG Lin,ZHANG Jian,LIANG Jianhai

(College of Science,Xijing University,Xi'an 710123,China)

[Abstract] Most existing electronic commerce trust algorithms ignores the uncertainty of consumers' subjective preference and doesn't consider language evaluation information. To solve the problem, a multi-dimension integrated trust model is proposed. Multi-dimension trust feedback information is integrated into interval-valued intuitionistic fuzzy numbers. Based on Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), the nearitude between the interval-valued intuitionistic fuzzy numbers and the ideal intuitionistic fuzzy numbers is calculated, and the trust of service entities is ranked according to the nearitude. To prevent the internet fraud, the penalty term is added into the model. The simulation results show that the decision-makers' risk preference, the quantitative and qualitative evaluation information are taken into consideration in the model, and its anti-fraud ability is better than the interval-valued cloud model.

[Key words] interval-valued intuitionistic fuzzy; trust evaluation; Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS); fuzzy nearitude; risk preference

DOI:10.19678/j.issn.1000-3428.0051016

0 概述

2016 年上半年,中国电子商务交易规模达 10.5 万亿元,同比增长 37.6%^[1]。由于网络交易信息的不对称性和虚拟性,消费者难以在各服务供应商中做出选择。信任是社会关系的基础,在电子商务中发挥着至关重要的作用,因此,需要对各服务供应商的信任度进行评估,从而做出合适的选择。

现实世界的不确定性和复杂性,以及人类思维的模糊性和知识的局限性,使得人类在面对信任问题时,难以用精确数值表示自己个人的偏好,或用

区间数^[2]、模糊数^[3-4]、云模型^[5]、语言型^[6]等进行建模。文献[7-8]利用云模型对信任进行评估,将信任定性信息转化为定量信息,文献[9]采用分层贝叶斯理论建模,但上述模型均侧重于随机性。文献[10]利用集成直觉模糊信息评估主观信任,但是用精确值来表示商家的商品质量等属性易忽视用户风险偏好的不确定性,对信任的主观性、不确定性的描述也不准确。文献[11-12]给出一种基于 DSmt 证据信任的模型,但未考虑不确定性程度分量和不信任程度分量对信任值的影响。以上模型多采用精确数来描述信任属性,忽视了用户思维的

基金项目:陕西省教育厅专项科研计划项目(17JK1161);陕西省科技厅科学技术研究项目(2017JM4019)。

作者简介:钟麟(1975—),男,副教授、博士,主研方向为智能信息处理、数据挖掘;张健,副教授、硕士;梁建海,副教授、博士。

收稿日期:2018-03-30 **修回日期:**2018-04-30 **E-mail:**zhong_chen2@163.com

主观性、模糊性和不确定性,同时,用均值方法进行集成易丢失有用信息。此外,仅从信任程度方面描述信任度,未对其定量、定性地进行考虑,也是上述模型普遍存在的问题。

针对上述情况,本文建立一种多维集成信息的信任模型,将信任反馈信息集成为区间型直觉模糊信息。利用属性的离合度确定属性权重,基于逼近理想解排序法(Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution, TOPSIS)思想,计算区间直觉模糊数相对于理想区间直觉模糊数的贴近度,在此基础上对服务实体进行排序。

1 基本概念

定义1 区间值直觉模糊集^[13]。设 X 是一个论域,若对 X 给出 $\mu_A: X \rightarrow I_{[0,1]}$ 和 $\nu_A: X \rightarrow I_{[0,1]}$ 2 个区间值映射,使得 $x \in X, \mu_A(x) \subseteq [0,1], \nu_A(x) \subseteq [0,1]$, 且满足条件 $0 \leq \sup\{\mu_A(x)\} + \sup\{\nu_A(x)\} \leq 1$, 则称 μ_A 和 ν_A 确定了论域 X 的一个区间值直觉模糊集 A , 记为 $A = \{ \langle x, \mu_A(x), \nu_A(x) \rangle \mid x \in X \}$ 。其中, $\mu_A(x)$ 和 $\nu_A(x)$ 分别为元素 x 属于 A 的区间值隶属度和区间值非隶属度。为了方便表示,用 a, b, c, d 4 个符号分别表示区间值隶属度的下界、上界,以及区间值非隶属度的下界、上界。

定义2 区间值直觉模糊数 $\tilde{x}_1 = \langle [a_1, b_1], [c_1, d_1] \rangle$ 和 $\tilde{x}_2 = \langle [a_2, b_2], [c_2, d_2] \rangle$ 的欧式距离可以表示为:

$$\rho(\tilde{x}_1, \tilde{x}_2) = \frac{1}{2} \sqrt{(a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2 + (c_1 - c_2)^2 + (d_1 - d_2)^2} \quad (1)$$

根据上述定义,区间模糊数 \tilde{x}_1 与最大区间直觉模糊数 $\tilde{x}_+ = \langle [1, 1], [0, 0] \rangle$ 、最小区间直觉模糊数 $\tilde{x}_- = \langle [0, 0], [1, 1] \rangle$ 之间的距离分别为 $\rho(\tilde{x}_1, \tilde{x}_+) = \frac{1}{2} \sqrt{(a_1 - 1)^2 + (b_1 - 1)^2 + c_1^2 + d_1^2}$ 和 $\rho(\tilde{x}_1, \tilde{x}_-) = \frac{1}{2} \sqrt{a_1^2 + b_1^2 + (c_1 - 1)^2 + (d_1 - 1)^2}$ 。

定义3 区间直觉模糊数 $\tilde{x}_1 = \langle [a_1, b_1], [c_1, d_1] \rangle$ 相对于最大区间直觉模糊数 \tilde{x}_+ 的直觉模糊贴近度可表示为:

$$FAD(\tilde{x}_1, \tilde{x}_+) = \frac{\rho(\tilde{x}_1, \tilde{x}_-)}{\rho(\tilde{x}_1, \tilde{x}_+) + \rho(\tilde{x}_1, \tilde{x}_-)} \quad (2)$$

定义4 令 $IVIFNs$ 为 n 个区间直觉模糊数的集合,其中的元素用 $\tilde{x}_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 表示,则映射 $IIFWA: IVIFNs^n \rightarrow IVIFNs$ 可表示为:

$$IIFWA_w(\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \dots, \tilde{x}_n) = w_1 \tilde{x}_1 \oplus w_2 \tilde{x}_2 \oplus \dots \oplus w_n \tilde{x}_n \quad (3)$$

其中, $w_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 为权重,若 $\sum w_i = 1$, 称 $IIFWA$ 为区间直觉模糊加权平均算子。文献[11]给出式(3)区间直觉模糊数的加减乘除运算。

2 信任模型

信任是一个实体信赖其他实体的意愿,尽管其具有模糊性和不确定性,但仍可通过实体的关键属性和历史记录对其进行量化。

2.1 实体集合与服务评价

根据在电子商务中所起作用 and 担任角色的不同,把实体集合中的元素分为服务供应商 $S_i (i = 1, 2, \dots, n)$ 和服务消费者 $C_j (j = 1, 2, \dots, m)$ 2 类。消费者每次交易后会根据服务情况进行评价,为了准确地描述服务供应商的服务质量,引入多维评估向量。它既包括定量评估量,也包括定性评估量,并组成集合 $E = \{E_i (i = 1, 2, \dots, n)\}$, 其中, $E_i = (e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{ij}, \dots, e_{im})$ 为第 i 个服务供应商的服务评估向量, e_{ij} 为第 j 个消费者对第 i 个服务供应商的服务评价,其随着时间的流逝而衰减。假设实体双方在交易后,消费者 C_j 给供应商 S_i 一个原始的评估量 e_{ij}^0 , 则经过时间 t 后,信任评估 $e_{ij}(t)$ 可用式(4)计算:

$$e_{ij}(t) = e_{ij}^0 \cdot df(t) \quad (4)$$

其中, $df(t)$ 为衰减函数。目前,衰减函数多为线性函数、指数函数,这些函数在交易后的初期衰减太快,不能准确地描述历史评价对信任的影响,本文采用的衰减函数为:

$$df(t) = 0.5 - 0.5 \operatorname{arctg}(gt - gt_0) / \operatorname{arctg}(gt_0) \quad (5)$$

其中, g 为衰减因子, t_0 为时间因子。从式(5)可以看出,初期衰减速度较慢,经过一段时间后,衰减速度增大,后期衰减速度变小。

2.2 区间模糊数构建

在电子商务交易完成后,消费者对供应商的服务通常采用打分制或者定性语言进行评价。打分制多数为百分制、十分制或五分制。本文构建区间数的方法是将各属性的打分区域等距离划分为若干个区间,假设落入区间 R'_i 的评分有 n_i 个,则其中的最大值用 e_i^+ 表示,最小值用 e_i^- 表示。 n 条评价构造的评价区间可以表示为:

$$[e^-, e^+] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n n_i \cdot [e_i^-, e_i^+] \quad (6)$$

其中, $\sum n_i = n$ 。区间的加减乘除运算见文献[14]。

如果采用文献[13]方法,把区间数变换为直觉模糊数,则其并未考虑评估者的风险偏好以及部分不确定性,不能准确地表示信任的主观性和不确定性。因此,本文采用式(7)把区间数转化为区间直觉模糊数。

$$[e^-, e^+] \Leftrightarrow R = \langle [a, b], [c, d] \rangle = \langle [e^-, e^- + k(e^+ - e^-)], [1 - e^+ - k(e^+ - e^-), 1 - e^+] \rangle \quad (7)$$

其中, $k \in [0, 1]$ 为风险因子。当 $k \in [0, \frac{1}{3})$ 时, 认为评估者的态度是倾向厌恶的; 当 $k \in [\frac{1}{3}, \frac{2}{3})$ 时, 认为评估者是倾向中立的; 当 $k \in [\frac{2}{3}, 1]$ 时, 认为评估者是倾向追求的。 $k=0$ 为绝对风险厌恶, $k=1$ 为绝对风险追求, $k=0.5$ 为绝对风险中立。

在评价信息中, 除了实数评分外, 还有语言评价信息。多数消费者会用语言对服务满意度进行评价, 比如商品是否与描述相符、快递服务是否满意等, 评价结果一般分为很满意、满意、一般、不满意和很不满意等。这些评价信息带有一定的主观性、模糊性以及不确定性。由直觉模糊集和区间分析法的特点可知, 用区间直觉模糊数对语言评价信息建模, 可以较准确地表示信任的不确定性和模糊性。将定性的语言评价信息转化定量的区间直觉模糊数的具体步骤如下:

1) 根据实际情况, 在文献[13-14]研究的基础上, 建立语言变量与区间直觉模糊数之间的对应关系, 如表1所示。对介于“满意”和“很满意”之间的情况, 用区间直觉模糊数可以更加灵活地进行处理。

$$w_j = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{s=1}^m \sqrt{(a_{ij} - a_{sj})^2 + (b_{ij} - b_{sj})^2 + (c_{ij} - c_{sj})^2 + (d_{ij} - d_{sj})^2}}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m \sum_{s=1}^m \sqrt{(a_{ij} - a_{sj})^2 + (b_{ij} - b_{sj})^2 + (c_{ij} - c_{sj})^2 + (d_{ij} - d_{sj})^2}} \quad (8)$$

2.4 防欺诈方法

网上交易失败的原因各异, 但其会影响评估者对服务实体的信任^[15]。为了防止发生网上欺诈行为, 在服务交易价格偏离同期平均价格的情况下, 模型将降低实体的信任度。如果价格偏差在一定的范围内, 即未超过阈值, 则信任度缓慢降低, 一旦价格偏差超过阈值, 则将加入惩罚项, 信任度随偏差增大而急剧降低。具体数学模型如下:

$$\begin{aligned} \tilde{R} = & \langle [\tilde{a}, \tilde{b}], [\tilde{c}, \tilde{d}] \rangle = \\ & \langle [a - (1 - a - c) \times \Delta \times (|Pr - \overline{Pr}|/Pr), \\ & b - (1 - b - d) \times \Delta \times (|Pr - \overline{Pr}|/Pr), \\ & [c + (1 - a - c) \times \Delta \times (|Pr - \overline{Pr}|/Pr), \\ & d + (1 - b - d) \times \Delta \times (|Pr - \overline{Pr}|/Pr)] \rangle \quad (9) \end{aligned}$$

$$\Delta = \begin{cases} 3, & |Pr - \overline{Pr}|/\overline{Pr} \leq 0.2 \\ 1, & |Pr - \overline{Pr}|/\overline{Pr} > 0.2 \end{cases} \quad (10)$$

其中, \tilde{R} 为惩罚后的信任区间直觉模糊数, Pr 为服务价格, \overline{Pr} 为服务价格的平均值, $\langle [a, b], [c, d] \rangle$ 为

表1 部分语言评价变量与区间直觉模糊数对照

语言变量	区间直觉模糊数
很满意	$\langle [0.90, 0.95], [0.00, 0.05] \rangle$
介于很满意与满意之间	$\langle [0.70, 0.90], [0.00, 0.10] \rangle$
满意	$\langle [0.70, 0.80], [0.10, 0.20] \rangle$
一般	$\langle [0.40, 0.60], [0.25, 0.40] \rangle$
不满意	$\langle [0.20, 0.30], [0.60, 0.70] \rangle$
很不满意	$\langle [0.05, 0.10], [0.85, 0.90] \rangle$

2) 运用式(5)对直觉模糊数进行处理。

3) 根据各语言变量出现的次数占总次数的比例确定权重。

4) 利用式(3)计算语言型评价信息的直觉模糊数。

2.3 属性权重确定

由于属性类型各异、偏好信息难以获得, 因此要从偏好信息中获得权重较困难, 本文利用属性之间的相离程度来确定属性权重。

假设有 n 个属性和 m 个服务实体, $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ 为 n 个属性所对应的权重向量, 对服务实体关于 n 个属性的信任进行测度。假设第 i 个服务实体的第 j 个属性区间的直觉模糊数为 $\langle [a_{ij}, b_{ij}], [c_{ij}, d_{ij}] \rangle (i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n)$, 其中, $[a_{ij}, b_{ij}]$ 、 $[c_{ij}, d_{ij}]$ 分别表示消费者对第 i 个服务实体的第 j 个属性的满意程度区间和不满意程度区间。根据定义2计算属性之间的相离度, 相离程度越小, 所对应的权重就越小, 具体计算如下:

没有惩罚的信任区间直觉模糊数, 设定的价格偏离阈值为20%。

为了检验防欺诈能力, 需要构建评估指标。假设有 l 条信任评价信息, 其中, 诚信评价信息 l_1 条, 欺诈评价信息 $l - l_1$ 条。从诚信评价信息中随机抽取 $l_1/2$ 条, 重复 M 次, 计算第 i 次抽取的实体信任度的样本值 $R_i = \langle [a_i, b_i], [c_i, d_i] \rangle (i = 1, 2, \dots, M)$ 。同样地, 从欺诈评价信息中抽取 $(l - l_1)/2$ 条, 与从诚信评价信息中抽取的 $l_1/2$ 条进行混合, 重复 M 次, 计算第 i 次抽取的实体信任度的样本值 $R'_i = \langle [a'_i, b'_i], [c'_i, d'_i] \rangle$ 。本文构建的评价指标为欺诈平均距离, 计算过程如下:

$$\bar{\rho} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \sqrt{(a_i - a'_i)^2 + (b_i - b'_i)^2 + (c_i - c'_i)^2 + (d_i - d'_i)^2} \quad (11)$$

3 算法过程

本文提出集成定量和定性信息的信任评价算法, 将信息转化为区间直觉模糊数, 根据属性间的相离度计算属性权重, 利用传统 TOPSIS 思想, 分别计算信任的区间直觉模糊数与最大、最小区间直觉模

糊数的欧式距离,从而获得贴进度,并对服务实体的信任程度进行排序。具体步骤如下:

- 1) 对原始评价信息进行分类。
- 2) 根据式(12)对实数评分进行规范化处理。

$$e_{ij}^0 = \frac{e_{ij} - \min_i \{e_{ij}\}}{\max_i \{e_{ij}\} - \min_i \{e_{ij}\}} \quad (12)$$

- 3) 根据式(5)对评分进行衰减处理。
- 4) 根据式(6)计算区间数。
- 5) 根据式(7)将区间数转化为区间直觉模糊数。
- 6) 将语言评价的定性信息转化为区间直觉模糊数。
- 7) 根据定义 4,对每一属性的所有区间直觉模糊数进行集成,权重计算过程如下:

$$w_i' = n_i/n \quad (13)$$

其中, n_i 为历史交互评分中的元素包含在某区间中

$$P = \begin{bmatrix} < [0.33, 0.33 + 0.26k] > < [0.49, 0.49 + 0.27k] > < [0.48, 0.48 + 0.35k] > < [0.41, 0.41 + 0.23k] > < [0.56, 0.56 + 0.27k] > \\ < [0.41, 0.67 - 0.26k] > < [0.24, 0.51 - 0.27k] > < [0.17, 0.52 - 0.35k] > < [0.26, 0.59 - 0.23k] > < [0.17, 0.44 - 0.27k] > \\ < [0.19, 0.19 + 0.30k] > < [0.30, 0.30 + 0.34k] > < [0.54, 0.54 + 0.19k] > < [0.35, 0.35 + 0.26k] > < [0.45, 0.45 + 0.19k] > \\ < [0.51, 0.81 - 0.30k] > < [0.36, 0.70 - 0.34k] > < [0.28, 0.46 - 0.19k] > < [0.29, 0.65 - 0.26k] > < [0.26, 0.55 - 0.19k] > \\ < [0.25, 0.25 + 0.36k] > < [0.43, 0.43 + 0.35k] > < [0.37, 0.37 + 0.36k] > < [0.45, 0.45 + 0.30k] > < [0.49, 0.49 + 0.27k] > \\ < [0.39, 0.75 - 0.36k] > < [0.22, 0.57 - 0.35k] > < [0.27, 0.63 - 0.36k] > < [0.25, 0.55 - 0.30k] > < [0.24, 0.51 - 0.27k] > \\ < [0.37, 0.37 + 0.29k] > < [0.48, 0.48 + 0.32k] > < [0.44, 0.44 + 0.34k] > < [0.47, 0.47 + 0.20k] > < [0.61, 0.61 + 0.15k] > \\ < [0.34, 0.63 - 0.29k] > < [0.20, 0.52 - 0.32k] > < [0.22, 0.56 - 0.34k] > < [0.33, 0.53 - 0.20k] > < [0.24, 0.39 - 0.15k] > \end{bmatrix}$$

其中,矩阵的列分别为导游服务、行程安排、餐饮住宿、旅行交通和语言评价的属性区间直觉模糊数。按照本文方法计算各属性的权重,其与风险因子的关系如图 1 所示。

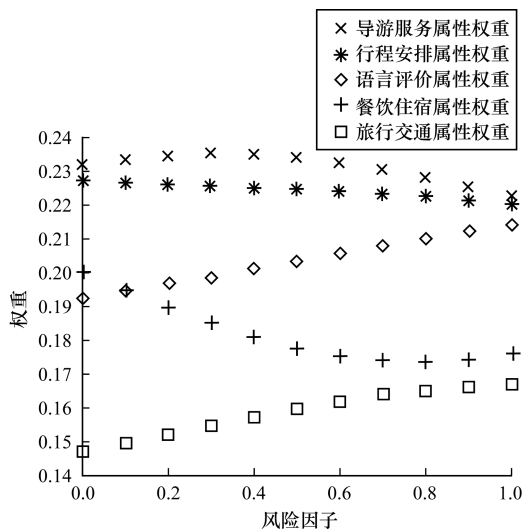


图 1 权重与风险因子的关系

由图 1 可知,导游服务属性的权重最大,旅行交通属性的权重最小,旅行交通和语言评价属性的权重随风险因子的增大而增大,其他 3 个属性权重与之相反。在风险因子很小时,即 $k \in [0, 0.12]$,餐饮住宿属性权重大于语言评价属性权重,其余情况相反。

的个数, n 为所有历史交互记录数。

8) 根据各属性的相离程度,运用式(8)计算属性权重。

9) 根据定义 3 和定义 4,计算各实体的信任度与正负理想点的距离,得到贴进度,并对各实体的信任程度进行排序。

4 仿真实例

本次仿真数据来源于途牛旅游网的 4 个供应商在 2015 年 4 月—9 月提供的泰国游项目,共收集有效交易 970 条。每条评价记录包括信任评价属性(导游服务、行程安排、餐饮住宿和旅行交通,评分标准为五分制)和语言评价(满意、一般和不满意)。

选定时间因子 $g = 60$,根据本文算法将评价信息转化为区间直觉模糊数,并构造评价矩阵:

利用本文模型计算各服务实体的贴进度,其随风险因子变化的情况如图 2 所示。从图 2 可以看出,4 个服务实体的信任从高到低排序为:服务实体 4 > 服务实体 1 > 服务实体 3 > 服务实体 2。只有在邻近绝对风险追求区域时,排名变为:服务实体 1 > 服务实体 4 > 服务实体 3 > 服务实体 2。

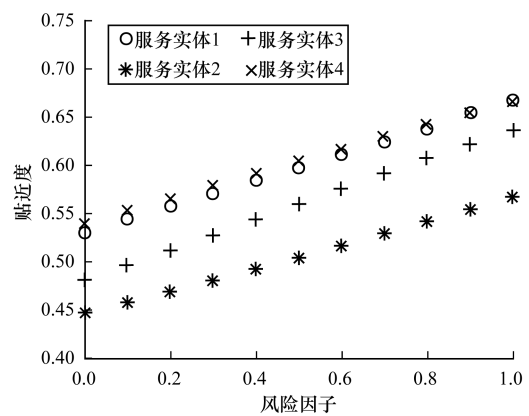


图 2 贴进度与风险因子的关系

通过改变欺诈率,比较本文模型与区间云模型^[16]的防欺诈能力,仿真结果如图 3 所示。从图 3 可以看出,随着欺诈率的提高,两者的欺诈平均距离不断上升,本文模型的欺诈平均距离小于区间云模型,即使欺诈率达到 40%,欺诈平均距离也保持在相对较低的水平。

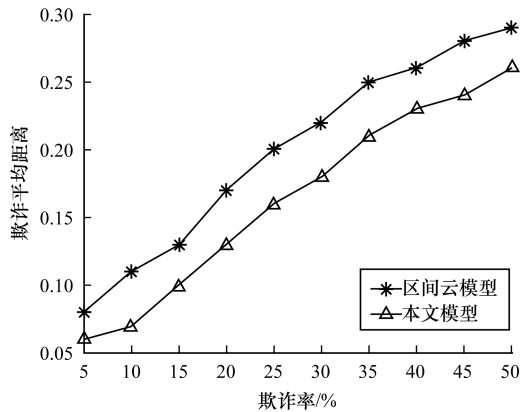


图3 2种模型欺诈平均距离与欺诈率的关系

5 结束语

面对复杂的电子商务环境,为全面刻画信任的主观性和不确定性,本文提出多维区间直觉模糊信任模型。对不受重视的语言评价加以考虑,从定性和定量2个方面进行评价。根据各属性的相离程度计算属性权重,基于TOPSIS思想,计算区间直觉模糊数相对于理想区间直觉模糊数的贴近度,并在此基础上对服务实体进行排序。仿真结果表明,该模型能对信任度进行有效评估。下一步将构建动态信任模型,优化评估结果。

参考文献

- [1] 中国电子商务研究中心. 2016年(上)中国电子商务市场数据监测报告[EB/OL]. [2018-03-05]. http://www.100ec.cn/zt/upload_data/16jcbg/16jcbg.pdf.
- [2] 李玉峰. 熵权系数与TOPSIS集成评价区间数决策[J]. 华北理工大学学报, 2018, 40(1): 124-128.
- [3] TAJEDDINE A, KAYSSI A, CHEHAB A, et al. Fuzzy reputation-based trust mode[J]. Applied Soft Computing, 2011, 11(1): 345-355.

- [4] 谭吉玉,朱传喜,张小芝,等. 基于TOPSIS的区间直觉模糊数排序法[J]. 控制与决策, 2015, 30(11): 2014-2018.
- [5] LI J, CHEN X F, HUANG Q, et al. Digital provenance: enabling secure data forensics in cloud computing [J]. Future Generation Computer Systems, 2014, 37(7): 259-266.
- [6] LI L, RONG M, ZHANG G Q. A Web service composition selection approach based on multi-dimension QoS [C]// Proceedings of the 8th International Conference on Computer Science and Education. Washington D. C., USA: IEEE Press, 2013: 1463-1466.
- [7] 张仕斌,许春香. 基于云模型的信任评估方法研究[J]. 计算机学报, 2013, 36(2): 422-431.
- [8] TAO L M, LIANG X K. Research on trust cloud-based trust evaluation model for C2C electronic commerce [J]. Applied Mechanics and Materials, 2014, 543: 4243-4250.
- [9] TEACY W T, LUCK M, ROGERS A. An efficient and versatile approach to trust and reputation using hierarchical Bayesian modelling[J]. Artificial Intelligence, 2012, 193(12): 149-185.
- [10] 徐军. 集成直觉模糊信息的主观信任模型[J]. 计算机应用, 2016, 36(4): 937-940.
- [11] JIANG L, XU J, ZHANG K L. A new evidential trust model for open distributed systems [J]. Expert Systems with Applications, 2012, 39(3): 3772-3782.
- [12] 黎梨苗,陈志刚,刘志雄,等. 面向社交大数据的个体行为信任评价[J]. 计算机工程, 2017, 43(4): 34-38.
- [13] 李登峰. 直觉模糊集决策与对策分析方法[M]. 北京: 国防工业出版社, 2012: 103-115.
- [14] 高明美,孙涛,赵天燕,等. 基于区间直觉模糊熵和时间熵的动态多属性模糊决策[J]. 模糊系统与数学, 2016, 30(4): 31-41.
- [15] 吕上. P2P网络中考虑交易时间间隔的信任管理模型[D]. 北京: 北京邮电大学, 2012.
- [16] 周金明,曾守桢. 区间数语言变量的多属性云模型决策方法研究[J]. 数学的实践与认识, 2016, 46(20): 156-164.

编辑 樊丽娜

(上接第315页)

- [14] WENG J, HWANG W S. Incremental hierarchical discriminant regression[J]. IEEE Transactions on Neural Networks, 2007, 18(2): 397-415.
- [15] JAIN A K. Data clustering, 50 years beyond K-means [C]// Proceedings of Joint European Conference on Machine Learning and Knowledge Discovery in Databases. Berlin, Germany: Springer, 2008: 651-666.
- [16] BOUHMALA N. How good is the euclidean distance metric for the clustering problem [C]// Proceedings of

the 5th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics. Washington D. C., USA: IEEE Computer Society, 2016: 312-315.

- [17] KAMEL B, YASMINA B, LAREDJ B, et al. Dynamic modeling, simulation and PID controller of unmanned aerial vehicle UAV [C]// Proceedings of International Conference on Innovative Computing Technology. Washington D. C., USA: IEEE Press, 2017: 64-69.

编辑 赵辉