



基于语言共识模型的电子商务信用风险评价方法

吴澎, 周礼刚, 陈华友

引用本文:

吴澎, 周礼刚, 陈华友. 基于语言共识模型的电子商务信用风险评价方法[J]. 控制与决策, 2021, 36(6): 1465–1471.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1398>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

基于犹豫度和相似度的专家权重确定方法及其应用

Expert weights determination method and application based on hesitancy degree and similarity measure

控制与决策. 2021, 36(6): 1482–1488 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1382>

基于策略权重的模糊多属性决策方法

Strategic weight manipulation in fuzzy multiple attribute decision making

控制与决策. 2021, 36(5): 1259–1267 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0542>

考虑社会网络邻接关系的群体判断矩阵决策方法

Group preference relations decision making approach based on social network adjacency relations

控制与决策. 2021, 36(4): 983–992 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0817>

考虑社会网络邻接关系的群体判断矩阵决策方法

Group preference relations decision making approach based on social network adjacency relations

控制与决策. 2021, 36(4): 983–992 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0817>

考虑个体累积共识贡献的犹豫模糊语言自适应共识模型

Adaptive consensus model with hesitant fuzzy linguistic information considering individual cumulative consensus contribution

控制与决策. 2021, 36(1): 187–195 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0556>

基于语言共识模型的电子商务信用风险评价方法

吴 澎^{1,2}, 周礼刚^{1,3†}, 陈华友¹

(1. 安徽大学 数学科学学院, 合肥 230601; 2. 安徽大学 商学院, 合肥 230601;
3. 南京信息工程大学 中国制造业发展研究院, 南京 210044)

摘 要: 电子商务信用风险评价能够更好地维护市场规则并防范交易主体的合法权益. 从语言评价信息的角度, 利用多属性群决策方法对电子商务信用风险评价方法进行探讨. 首先, 提出个体语言共识测度和群体语言共识测度; 然后, 针对共识性水平较低的决策群体, 构建一种整数规划模型, 用于调整决策者给出的初始语言决策信息; 最后, 提出一种基于语言共识模型的电子商务信用风险评价方法, 并通过电子商务信用风险评价问题说明该方法的可行性和有效性.

关键词: 电子商务; 信用风险; 语言共识; 多属性群决策; 整数规划

中图分类号: TP273

文献标志码: A

DOI: 10.13195/j.kzyjc.2019.1398

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



引用格式: 吴澎, 周礼刚, 陈华友. 基于语言共识模型的电子商务信用风险评价方法[J]. 控制与决策, 2021, 36(6): 1465-1471.

An approach to E-commerce credit risk assessment based on linguistic consensus model

WU Peng^{1,2}, ZHOU Li-gang^{1,3†}, CHEN Hua-you¹

(1. School of Mathematical Sciences, Anhui University, Hefei 230601, China; 2. School of Business Sciences, Anhui University, Hefei 230601, China; 3. China Institute of Manufacturing Development, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China)

Abstract: E-commerce credit risk assessment can better maintain market rules and prevent the legitimate rights and interests of trading entities. According to linguistic evaluation information, this paper utilizes multi-attribute group decision making methods to investigate the approach to E-commerce credit risk assessment. Firstly, individual consensus measure and group consensus measure are proposed. Then, an integer programming model is developed to improve the consensus level of decision group with lower consensus level to revise the original linguistic evaluation information. Finally, an approach to E-commerce credit risk assessment based on linguistic consensus model is presented. The feasibility and effectiveness of this approach are verified by E-commerce credit risk assessment problem.

Keywords: E-commerce; credit risk; linguistic consensus; multi-attribute group decision making; integer programming

0 引言

随着互联网技术的不断创新和发展,新一代信息技术正不断向经济社会的各个领域渗透. 互联网投入商业化运作以后,电子商务应运而生并且得到了蓬勃的发展. 电子商务的发展,不仅改变了传统的商业模式,而且推动了社会的变革. 电子商务为人类生活创造了新的空间,有数据表明电子商务的发展带动了3 700万人的就业. 当今时代,随着电子商务的飞速发展,电子商务的信用问题也日渐突出. 电子商务信

用风险目前已成为制约我国电子商务发展的主要瓶颈^[1]. 研究电子商务信用风险,不仅有利于维护市场规则,而且可以防范交易主体的合法权益. 因此,研究电子商务信用风险具有重要的理论价值和现实意义.

目前,已有越来越多的学者研究了电子商务信用风险. 文献[2]利用博弈论知识探讨了电子商务信用风险形成的外在机制,并对电子商务信用风险进行了系统的分析;文献[3]建立了电子商务信用风险的 F 积分综合评价模型;文献[4]利用多元统计分析法对

收稿日期: 2019-10-04; 修回日期: 2020-01-07.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71771001, 71701001, 71501002, 71871001, 71901001, 71901088); 安徽省自然科学基金杰出青年基金项目(1908085J03); 安徽省学术和技术带头人及后备人选项目(2018H179).

责任编委: 刘宝碇.

[†]通讯作者. E-mail: shuiqiao@126.com.

电子商务信用风险进行了分类;文献[5]提出了一种基于灰色分析的信息度评价方法;文献[6]提出了一种基于云模型的网络交易信用风险评价方法;文献[7-8]将因子分析与聚类分析相结合,构建了Z-Score模型对电子商务信用风险进行了系统研究;文献[9]提出了一种基于最小二乘近似支持向量回归的电子商务信用风险预警模型;文献[10]引入菅野道夫积分评价法将商务交易信用风险影响因素分解为若干个评价因素,构建了信用风险F积分评价模型;文献[11]提出了基于前景理论的农村电子商务发展水平多维偏好决策方法;基于粗糙集,粒子群算法和支持向量回归模型,文献[12]构建了一种电子商务信用风险评估模型;文献[13]基于贝叶斯网络理论构建了电子商务信用风险网络模型,并研究了中国电子商务信用风险的敏感性因素与关键因素对风险事件的影响程度.

从已有的电子商务信用风险评价方法的研究中可以看出,目前提出的各类方法主要集中于风险预警的构建和风险等级的设置.同时,已有的电子商务信用风险研究方法主要采用博弈论方法,统计分析方法以及人工智能等方法.无论哪种方法都需要在信用风险指标体系下对待评价的电子商务企业进行评估,进而对电子商务的信用风险进行研究.由于评价问题的复杂性和不确定性,传统定量的评价信息很难反应决策者真实的定性的评价信息.语言信息作为一种有效的信息表达形式,可以很好地表达决策者定性的评价信息.自从语言信息被提出之后,其在评价问题中已经得到了广泛的应用^[14-17].

在这样的背景下,本文给出一种基于语言共识模型的电子商务信用风险评价方法.首先,提出个体语言共识测度和群体语言共识测度;然后,针对群体共识性水平较低的决策群体,构建一种整数规划模型,用以调整群体共识性水平,该模型不仅可以调整原始的语言评价信息,而且能够使得调整后的评价信息更容易被决策者接受;最后,提出一种基于语言共识模型的电子商务信用风险评价方法,并将该方法用于电子商务信用风险评价问题中.

1 预备知识

在实际的决策问题或评价问题中,决策者往往会用语言术语来表达自己的定性的评价信息.例如速度“快”、绩效“高”、温度“低”等.设 $S = \{s_i | i = 0, 1, \dots, g\}$ 是一个下标非对称的离散的语言术语集.其中: s_i 是 S 中的可能的语言变量, g 是偶数.此外,语言术语集 S 满足以下条件^[18]:

1) 有序性:若 $i \geq j$,则 $s_i \geq s_j$;

2) 负运算: $\text{neg}(s_i) = s_{g-i}$,特别地, $\text{neg}(s_{g/2}) = s_{g/2}$.

为了避免语言术语在运算过程中的信息流失,文献[19]将离散的语言术语集扩展到连续的语言术语集 $\tilde{S} = \{s_\alpha | \alpha \in [0, \tau]\}$,其中 τ 是一个非常大的正整数.假设 $s_\alpha, s_\beta \in \tilde{S}$,实数 $\lambda \in [0, 1]$,则 s_α 和 s_β 在 $\tilde{S}$ 上的运算法则^[17]为:

加法: $s_\alpha \oplus s_\beta = s_\beta \oplus s_\alpha = s_{\alpha+\beta}$;

乘法: $s_\alpha \otimes s_\beta = s_\beta \otimes s_\alpha = s_{\alpha \times \beta}$;

数乘: $\lambda s_\alpha = s_{\lambda \alpha}$;

幂运算: $(s_\alpha)^\lambda = s_{\alpha^\lambda}$.

为了方便起见,设 $s_i \in S$,记 $I(s_i) = i$.文献[19]提出了语言加权平均算子,如下所示.

定义1 语言加权平均算子为映射 LWAA: $S^n \rightarrow S$,使得

$$\text{LWAA}(s_{\alpha_1}, s_{\alpha_2}, \dots, s_{\alpha_n}) = w_1 s_{\alpha_1} \oplus w_2 s_{\alpha_2} \oplus \dots \oplus w_n s_{\alpha_n} = s_{\bar{\alpha}}.$$

其中: $\bar{\alpha} = \sum_{j=1}^n w_j I(s_{\alpha_j})$, $w_j (j = 1, 2, \dots, n)$ 是 s_{α_j} 的

权重,满足 $w_j \in [0, 1]$, $\sum_{j=1}^n w_j = 1$.

定义2^[18,20] 设 s_i 和 s_j 是 S 中的两个语言术语,则它们之间的距离定义为

$$d(s_\alpha, s_\beta) = \frac{|\alpha - \beta|}{g}. \quad (1)$$

定义3 设 s_i 和 s_j 是 S 中的两个语言术语,则它们之间的相似度定义为

$$\rho(s_\alpha, s_\beta) = 1 - d(s_\alpha, s_\beta). \quad (2)$$

2 语言共识模型

本文考虑的基于语言评价信息的多属性决策问题描述如下.设 $A = \{\text{ALT}_1, \text{ALT}_2, \dots, \text{ALT}_m\}$ 是备选方案集, $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ 是属性(准则)集, $d = \{d_1, d_2, \dots, d_t\}$ 是决策者集合.决策者根据语言术语集 S 给出不同方案在不同属性的定性评价信息,从而构成语言决策矩阵

$$\text{LM}_k = (L_{ij}^{(k)})_{m \times n}, \quad k = 1, 2, \dots, t.$$

其中: $L_{ij}^{(k)} \in S$ 是语言术语,表示第 k 个决策者对方案 ALT_i 在属性 C_j 下的评价.

2.1 共识性测度

关于共识性测度的定义主要分为两种:1) 通过计算个体决策矩阵与群体决策矩阵之间的距离定义

共识性测度;2) 通过计算个体决策矩阵之间的距离定义共识性测度. 本文基于第1种方法定义共识性测度. 因此,在定义共识性测度之前,先给出任意两个语言决策矩阵之间的距离测度以及群体语言决策矩阵的定义.

定义4 设 $A = (a_{ij})_{m \times n}$ 和 $B = (b_{ij})_{m \times n}$ 是基于语言术语集 S 上的两个语言决策矩阵,则 A 与 B 之间的距离可以定义为

$$d(A, B) = \frac{1}{mn} \frac{1}{g} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n |I(a_{ij}) - I(b_{ij})|. \quad (3)$$

定义5 设 $LM_k = (L_{ij}^{(k)})_{m \times n} (k = 1, 2, \dots, t)$ 为第 k 个决策者的个体语言决策矩阵. 若语言矩阵 $LM^{\text{Gro}} = (L_{ij}^{\text{Gro}})_{m \times n}$ 满足下式,则 LM^{Gro} 为群体语言决策矩阵:

$$L_{ij}^{\text{Gro}} = \text{LWAA}(L_{ij}^{(1)}, L_{ij}^{(2)}, \dots, L_{ij}^{(t)}) = \bigoplus_{k=1}^t \lambda_k L_{ij}^{(k)}. \quad (4)$$

其中: λ_k 是第 k 个决策者的权重,且满足 $\lambda_k \geq 0$, $\sum_{k=1}^t \lambda_k = 1$.

接下来,根据定义4和定义5,定义个体共识性测度和群体共识性测度.

定义6 设 $LM_k = (L_{ij}^{(k)})_{m \times n} (k = 1, 2, \dots, t)$ 是第 k 个决策者的个体语言决策矩阵, $LM^{\text{Gro}} = (L_{ij}^{\text{Gro}})_{m \times n}$ 是群体语言决策矩阵,则 LM_k 的个体共识性测度为

$$\begin{aligned} \text{ICI}(LM_k) &= 1 - d(LM_k, LM^{\text{Gro}}) = \\ &= 1 - \frac{1}{mn} \frac{1}{g} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n |I(L_{ij}^{(k)}) - I(L_{ij}^{\text{Gro}})|. \end{aligned} \quad (5)$$

群体共识性测度为

$$\text{ICI}_{\text{Gro}} = \min_{k \in \{1, 2, \dots, t\}} \text{ICI}(LM_k). \quad (6)$$

定理1 若对任意的 $k = 1, 2, \dots, t$, 有 $\text{ICI}(LM_k) \geq \varphi$, 则 $\text{ICI}_{\text{Gro}} \geq \varphi$, 其中 φ 为共识性阈值.

证明 已知任意的 $\text{ICI}(LM_k) \geq \varphi (k = 1, 2, \dots, t)$, 不失一般性,假设存在 $k_0 \in \{1, 2, \dots, t\}$, 使得

$$\text{ICI}(LM_{k_0}) = \min\{\text{ICI}(LM_1), \dots, \text{ICI}(LM_k), \dots, \text{ICI}(LM_t)\} \geq \varphi.$$

则根据定义6可知 $\text{ICI}_{\text{Gro}} \geq \varphi$. $\square$

若 $\text{ICI}_{\text{Gro}} \geq \varphi$, 则群体共识性是可接受的. 因此,根据定理1可知,为了达到事先给定的共识性水平,要求 $\text{ICI}(LM_k) \geq \varphi (k = 1, 2, \dots, t)$.

2.2 共识优化模型

在实际的群决策问题中,由于决策者之间决策经验和知识水平等多方面的差异,导致决策者往往给出不同的评价信息. 为了保证最终的决策结果让每个决策者都满意,需要考虑各个决策者的评价信息是否达到了事先设定的共识水平. 当群体共识性水平低于事先给定的共识性阈值时,需要对各个决策者给出的评价信息进行调整,使得调整后的评价信息构成的群体共识性水平大于事先给定的共识性阈值.

本文提出的共识优化模型目的是通过调整决策者的语言评价矩阵,使得群体共识性水平大于事先给定的共识性阈值. 该共识优化模型如下所示:

$$\begin{aligned} \text{(M-1)} \quad \min \text{obj} &= \sum_{k=1}^t d(LM_k, \bar{LM}_k). \\ \text{s.t.} \quad &\begin{cases} \min_{k \in \{1, 2, \dots, t\}} \text{ICI}(\bar{LM}_k) \geq \varphi; \\ \bar{L}_{ij}^{(k)} \in S. \end{cases} \end{aligned} \quad (7)$$

其中: S 是评价语言术语集, φ 是共识性阈值, $\bar{LM}_k = (\bar{L}_{ij}^{(k)})_{m \times n}$ 是 $LM_k = (L_{ij}^{(k)})_{m \times n}$ 调整后的语言评价矩阵. 模型(7)的目标函数旨在尽可能地保留决策者给出的原始语言评价信息. 第1个约束条件是为了保证调整后的语言评价矩阵的群体共识性水平达到事先给定的共识性阈值;第2个约束条件是为了将调整后的语言术语限制在原始的评价语言术语集中,这样可以避免调整后的评价信息是虚拟语言术语.

模型(7)可以简化为

$$\begin{aligned} \text{(M-2)} \quad \min \text{obj} &= \sum_{k=1}^t d(LM_k, \bar{LM}_k). \\ \text{s.t.} \quad &\begin{cases} \frac{1}{mn} \frac{1}{g} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n |I(\bar{L}_{ij}^{(k)}) - I(\bar{L}_{ij}^{\text{Gro}})| \leq 1 - \varphi; \\ \bar{L}_{ij}^{\text{Gro}} = \bigoplus_{k=1}^t \lambda_k \bar{L}_{ij}^{(k)}; \\ \bar{L}_{ij}^{(k)} \in S, \quad k = 1, 2, \dots, t; \\ i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n. \end{cases} \end{aligned} \quad (8)$$

其中: λ_k 是第 k 个决策者的权重, g 是评价语言术语集中 s_g 的下标. 模型(8)中的决策变量是 $\bar{L}_{ij}^{(k)} (i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n)$.

定理2 模型(8)至少存在一个可行解.

证明 假设调整后的语言决策矩阵都相同,则它们为模型(8)的一个可行解.

为了更好地求解模型(8),对模型(8)进行线性化处理,令

$$\begin{aligned}\phi_{ij}^k &= I(L_{ij}^{(k)}) - I(\bar{L}_{ij}^{(k)}), \\ \theta_{ij}^k &= I(\bar{L}_{ij}^{(k)}) - I(\bar{L}_{ij}^{\text{Gro}}). \\ +\phi_{ij}^k &= \begin{cases} \phi_{ij}^k, & \phi_{ij}^k \geq 0; \\ 0, & \phi_{ij}^k < 0. \end{cases} \\ -\phi_{ij}^k &= \begin{cases} 0, & \phi_{ij}^k \geq 0; \\ -\phi_{ij}^k, & \phi_{ij}^k < 0. \end{cases} \\ +\theta_{ij}^k &= \begin{cases} \theta_{ij}^k, & \theta_{ij}^k \geq 0; \\ 0, & \theta_{ij}^k < 0. \end{cases} \\ -\theta_{ij}^k &= \begin{cases} 0, & \theta_{ij}^k \geq 0; \\ -\theta_{ij}^k, & \theta_{ij}^k < 0. \end{cases}\end{aligned}$$

则有

$$\begin{aligned}|\phi_{ij}^k| &= +\phi_{ij}^k - \phi_{ij}^k, \quad \phi_{ij}^k = +\phi_{ij}^k - \phi_{ij}^k, \\ |\theta_{ij}^k| &= +\theta_{ij}^k - \theta_{ij}^k, \quad \theta_{ij}^k = +\theta_{ij}^k - \theta_{ij}^k.\end{aligned}$$

于是模型(8)可以转化成

$$\begin{aligned}(\text{M-3}) \min \text{obj} &= \sum_{k=1}^t \frac{1}{mn} \frac{1}{g} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (+\phi_{ij}^k - \phi_{ij}^k). \\ \text{s.t.} \quad &\begin{cases} \frac{1}{mn} \frac{1}{g} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (+\theta_{ij}^k - \theta_{ij}^k) \leq 1 - \varphi; \\ +\phi_{ij}^k - \phi_{ij}^k = I(L_{ij}^{(k)}) - I(\bar{L}_{ij}^{(k)}); \\ +\theta_{ij}^k - \theta_{ij}^k = I(\bar{L}_{ij}^{(k)}) - I(\bar{L}_{ij}^{\text{Gro}}); \\ \bar{L}_{ij}^{\text{Gro}} = \bigoplus_{k=1}^t \lambda_k \bar{L}_{ij}^{(k)}; \\ \bar{L}_{ij}^{(k)} \in S, \quad k = 1, 2, \dots, t; \\ i = 1, 2, \dots, m, \quad j = 1, 2, \dots, n. \end{cases}\end{aligned} \quad (9)$$

利用Matlab优化工具箱或者LINGO软件可以求解模型(9),进而可得调整后的语言评价矩阵 $\bar{\text{LM}}_k = (\bar{L}_{ij}^{(k)})_{m \times n} (k = 1, 2, \dots, t)$.

3 基于语言共识模型的决策方法

考虑电子商务信用风险评价问题,设待评价的电子商务企业集合为 $A = \{\text{ALT}_1, \text{ALT}_2, \dots, \text{ALT}_m\}$,评价指标集为 $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$,决策者集合为 $d = \{d_1, d_2, \dots, d_t\}$.根据语言术语集 $S = \{s_i | i = 0, 1, \dots, g\}$,每个决策者给出自己的语言评价信息矩阵

$$\text{LM}_k = (L_{ij}^{(k)})_{m \times n} (k = 1, 2, \dots, t).$$

基于语言共识模型的电子商务信用风险评价过程如下所示.

step 1: 根据评价问题,每个决策者 $d = \{d_1, d_2, \dots, d_t\}$ 给出自己的语言评价矩阵 $\text{LM}_k = (L_{ij}^{(k)})_{m \times n}$,事先给定共识性阈值 φ .

step 2: 根据式(5)和(6),判断 ICI_{Gro} 与 φ 之间的大小关系.若 $\text{ICI}_{\text{Gro}} \geq \varphi$,则直接进入step 4,否则进行step 3.

step 3: 求解模型(9),可得调整后的语言评价矩阵 $\bar{\text{LM}}_k = (\bar{L}_{ij}^{(k)})_{m \times n} (k = 1, 2, \dots, t)$.

step 4: 根据式(4)可得群体语言评价矩阵 $\text{LM}^{\text{Gro}} = (L_{ij}^{\text{Gro}})_{m \times n}$.

step 5: 根据式(4)对群体语言评价矩阵 $\text{LM}^{\text{Gro}} = (L_{ij}^{\text{Gro}})_{m \times n}$ 按行集结求得每个备选方案的综合得分值 $\text{Score}_i (i = 1, 2, \dots, m)$.

step 6: 结束.

4 实例分析

由于电子商务信用风险的复杂性和系统性,使得影响电子商务信用风险的因素众多.文献[21]通过主成分分析法筛选出8个影响电子商务信用风险的因素,如下所示:

C_1 : 财务效益; C_2 : 资产运营;
 C_3 : 认证记录; C_4 : 偿债能力;
 C_5 : 信用水平; C_6 : 发展能力;
 C_7 : 履约能力; C_8 : 交易能力.

为了更好地了解电子商务企业的信用风险,某电商平台拟对3家电子商务企业 $\text{ALT}_i (i = 1, 2, 3)$ 的信用风险进行综合评估.通过评估结果,责令信用风险较高的电子商务企业进行整改,以便更好地促进平台的发展和提高平台的信誉.评价语言术语集 $\bar{S} = \{s_0, s_1, s_2, s_3, s_4, s_5, s_6\}$.其中: s_0 表示极差, s_1 表示较差, s_2 表示差, s_3 表示一般, s_4 表示好, s_5 表示较好, s_6 表示极好.该电商平台邀请3位中高层领导 $d_k (k = 1, 2, 3)$ 分别就8个指标对3个电子商务企业的信用风险进行评估,并分别给出各自的语言评价矩阵,如表1~表3所示.3位决策者的权重向量为 $\lambda = (0.2, 0.5, 0.3)^T$,每个指标的权重都为 $1/8$.

表1 决策者 d_1 给出的语言评价矩阵

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
ALT_1	s_5	s_2	s_3	s_1	s_4	s_1	s_3	s_4
ALT_2	s_3	s_4	s_3	s_2	s_3	s_1	s_4	s_1
ALT_3	s_2	s_4	s_4	s_5	s_5	s_2	s_4	s_1

表2 决策者 d_2 给出的语言评价矩阵

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
ALT ₁	s_1	s_2	s_3	s_5	s_2	s_5	s_1	s_4
ALT ₂	s_3	s_5	s_1	s_4	s_1	s_4	s_4	s_0
ALT ₃	s_2	s_3	s_1	s_4	s_1	s_5	s_1	s_4

表3 决策者 d_3 给出的语言评价矩阵

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
ALT ₁	s_5	s_4	s_1	s_3	s_3	s_3	s_5	s_1
ALT ₂	s_2	s_1	s_4	s_5	s_1	s_4	s_2	s_5
ALT ₃	s_3	s_2	s_1	s_2	s_2	s_2	s_3	s_4

基于语言共识模型的电子商务信用风险评估过程如下。

step 1: 根据评价问题, 每个决策者 $d_k(k = 1, 2, 3)$ 给出自己的语言评价矩阵 $LM_1 = (L_{ij}^{(1)})_{3 \times 8}$, $LM_2 = (L_{ij}^{(2)})_{3 \times 8}$ 和 $LM_3 = (L_{ij}^{(3)})_{3 \times 8}$ 分别如表1~表3所示, 共识性阈值 $\varphi = 0.9$ 。

step 2: 根据式(5)可得

$$ICI_1 = 0.7681, ICI_2 = 0.8514, ICI_3 = 0.7958.$$

根据式(6)可知 $ICI_{Gro} = 0.7681 < \varphi$. 故需要对3个决策者给出的语言评价矩阵进行调整, 以提高群体的共识性水平。

step 3: 根据模型(9)可得优化模型如下所示:

$$\begin{aligned} \min \text{obj} &= \frac{1}{24} \cdot \frac{1}{6} \sum_{k=1}^3 \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^8 (+\phi_{ij}^k + -\phi_{ij}^k). \\ \text{s.t.} \quad &\begin{cases} \frac{1}{24} \cdot \frac{1}{6} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^8 (+\theta_{ij}^1 + -\theta_{ij}^1) \leq 0.1; \\ \frac{1}{24} \cdot \frac{1}{6} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^8 (+\theta_{ij}^2 + -\theta_{ij}^2) \leq 0.1; \\ \frac{1}{24} \cdot \frac{1}{6} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^8 (+\theta_{ij}^3 + -\theta_{ij}^3) \leq 0.1; \\ +\phi_{ij}^1 - -\phi_{ij}^1 = I(L_{ij}^{(1)}) - I(\bar{L}_{ij}^{(1)}); \\ +\theta_{ij}^1 - -\theta_{ij}^1 = I(\bar{L}_{ij}^{(1)}) - I(\bar{L}_{ij}^{Gro}); \\ +\phi_{ij}^2 - -\phi_{ij}^2 = I(L_{ij}^{(2)}) - I(\bar{L}_{ij}^{(2)}); \\ +\theta_{ij}^2 - -\theta_{ij}^2 = I(\bar{L}_{ij}^{(2)}) - I(\bar{L}_{ij}^{Gro}); \\ +\phi_{ij}^3 - -\phi_{ij}^3 = I(L_{ij}^{(3)}) - I(\bar{L}_{ij}^{(3)}); \\ +\theta_{ij}^3 - -\theta_{ij}^3 = I(\bar{L}_{ij}^{(3)}) - I(\bar{L}_{ij}^{Gro}); \\ \bar{L}_{ij}^{Gro} = \lambda_1 \bar{L}_{ij}^{(1)} \oplus \lambda_1 \bar{L}_{ij}^{(2)} \oplus \lambda_1 \bar{L}_{ij}^{(3)}, \\ \bar{L}_{ij}^{(1)} \in \{s_0, s_1, \dots, s_6\}, \\ \bar{L}_{ij}^{(2)} \in \{s_0, s_1, \dots, s_6\}, \\ \bar{L}_{ij}^{(3)} \in \{s_0, s_1, \dots, s_6\}, \\ i = 1, 2, 3, j = 1, \dots, 8. \end{cases} \end{aligned} \quad (10)$$

求解上述模型, 可得调整后的语言评价矩阵 $\bar{LM}_k = (\bar{L}_{ij}^{(k)})_{m \times n} (k = 1, 2, 3)$ 如表4~表6所示。

表4 调整后的语言评价矩阵 $\bar{LM}_1 = (\bar{L}_{ij}^{(1)})_{3 \times 8}$

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
ALT ₁	s_5	s_2	s_3	s_1	s_4	s_1	s_3	s_4
ALT ₂	s_3	s_4	s_3	s_4	s_1	s_4	s_4	s_1
ALT ₃	s_2	s_4	s_1	s_4	s_5	s_2	s_4	s_4

表5 调整后的语言评价矩阵 $\bar{LM}_2 = (\bar{L}_{ij}^{(2)})_{3 \times 8}$

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
ALT ₁	s_5	s_2	s_3	s_5	s_2	s_4	s_1	s_4
ALT ₂	s_3	s_5	s_1	s_4	s_1	s_4	s_4	s_0
ALT ₃	s_2	s_3	s_1	s_4	s_1	s_2	s_2	s_4

表6 调整后的语言评价矩阵 $\bar{LM}_3 = (\bar{L}_{ij}^{(3)})_{3 \times 8}$

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
ALT ₁	s_5	s_2	s_1	s_3	s_3	s_3	s_5	s_4
ALT ₂	s_3	s_2	s_4	s_4	s_1	s_4	s_2	s_4
ALT ₃	s_3	s_2	s_1	s_4	s_2	s_2	s_3	s_4

step 4: 根据式(4)可得群体语言评价矩阵 $LM^{Gro} = (L_{ij}^{Gro})_{m \times n}$, 如表7所示。

表7 群体语言评价矩阵 $LM^{Gro} = (L_{ij}^{Gro})_{3 \times 8}$

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8
ALT ₁	s_5	s_2	$s_{2.4}$	$s_{3.6}$	$s_{2.7}$	$s_{3.1}$	$s_{2.6}$	s_4
ALT ₂	s_3	$s_{3.9}$	$s_{2.3}$	s_4	s_1	s_4	$s_{3.4}$	$s_{1.4}$
ALT ₃	$s_{2.3}$	$s_{2.9}$	s_1	s_4	$s_{2.1}$	s_2	$s_{2.7}$	s_4

step 5: 根据式(4)对群体语言评价矩阵 $LM^{Gro} = (L_{ij}^{Gro})_{m \times n}$ 按行集结求得每个备选方案的综合得分值 $Score_i (i = 1, 2, 3)$ 为

$$Score_1 = 3.1750, Score_2 = 2.8750,$$

$$Score_3 = 2.6250.$$

最终的3个电子商务企业的信用风险评价结果为: $ALT_1 \succ ALT_2 \succ ALT_3$. 易知第1个电子商务企业信用风险最低, 第3个电子商务企业信用风险最高. 根据这一结果, 平台可以责令第3个电子商务企业进行信用整改。

5 对比分析

为了进一步验证本文提出的评价方法的有效性, 在电子商务信用风险评价问题基础上, 将本文提出的评价方法与基于语言加权平均算子的决策法、TOPSIS(technique for order preference by similarity to an ideal solution)方法和VIKOR方法进行比较, 具体结果如表8所示。

表8 决策结果对比

方法	排序结果	信用风险最低
语言加权	$ALT_1 \succ ALT_2 \succ ALT_3$	ALT_1
TOPSIS	$ALT_1 \succ ALT_3 \succ ALT_2$	ALT_1
VIKOR	$ALT_1 \succ ALT_2 \succ ALT_3$	ALT_1
本文方法	$ALT_1 \succ ALT_2 \succ ALT_3$	ALT_1

由表8可知,利用本文提出的评价方法得到的评价结果与基于语言加权平均算子的决策法和VIKOR方法得到的排序结果相同,与TOPSIS方法得到的排序结果不同.此外,利用本文提出的评价方法得到的信用风险最低的电子商务企业与另外3种方法得到的风险最低的电子商务企业相同.相对于基于语言加权平均算子的决策法、TOPSIS方法和VIKOR方法而言,本文提出的决策方法具有以下优点:

1) 考虑共识性测度在群决策问题中的重要性,定义了基于语言评价信息的多属性群决策的个体共识性测度和群体共识性测度;

2) 针对共识性测度较低的决策群体,构建了一种整数规划模型用以提高决策群体的共识性,使其满足共识性阈值;

3) 本文提出的基于共识性测度和整数规划模型的决策方法使得决策结果不仅合理而且容易被决策者接受.

6 结 论

本文尝试将语言评价信息的多属性群决策方法应用到电子商务信用风险评价问题中,不仅丰富了多属性决策方法的理论体系,而且扩大了多属性决策方法的应用领域.针对电子商务信用风险评价问题,本文提出了一种基于语言共识模型的电子商务信用风险评价方法.该方法包括个体共识测度、群体共识测度和一个整数规划模型.该模型不仅可以用于提高决策群体的共识性水平,而且使得调整后的语言评价信息更容易让决策者接受.通过电子商务信用风险评价问题验证了该方法的可行性和有效性.

现实社会中,电子商务平台中包含了大量的电子商务企业.因此,未来的研究主要集中于利用大数据统计分析方法构建大规模电子商务企业信用风险评估方法.此外,依据电子商务在线评论的商品排序方法,电子商务供应链优化方法以及异构信息^[22-23]的电子商务信用风险评价方法也将是未来的研究内容.

参考文献(References)

[1] 郭建平. 基于粗糙集和支持向量机的电子商务信用风险分类[J]. 数学的实践与认识, 2016, 46(13): 87-92.
(Wu J P. E-business credit risk classification based

on rough set, genetic algorithm and support vector machine[J]. Mathematics in Practice and Theory, 2016, 46(13): 87-92.)

[2] 李广晖. 基于博弈论的电子商务信用风险形成探析——买卖双方之间的博弈分析及政策建议[J]. 中国管理信息化, 2007, 10(10): 59-62.
(Li G H. Analysis on the formation of credit risk in E-commerce based on game theory — Game analysis and policy suggestions between buyers and buyers[J]. China Management Informationization, 2007, 10(10): 59-62.)

[3] 刘兆君, 毛荐其. 电子商务信用风险的F积分综合评价[J]. 北京交通大学学报: 社会科学版, 2008, 7(4): 70-74.
(Liu Z J, Mao J Q. A comprehensive evaluation of F-integral in trust risk of electronic commerce[J]. Journal of Beijing Jiaotong University: Social Sciences Edition, 2008, 7(4): 70-74.)

[4] 张明, 刘念祖, 那丽春. 基于多元判别分析的电子商务信用风险研究[J]. 中国管理信息化, 2007, 10(7): 79-81.
(Zhang M, Liu N Z, Na L C. Research on credit risk of electronic commerce based on multivariate discriminant analysis[J]. China Management Informationization, 2007, 10(7): 79-81.)

[5] 张娟, 耿弘, 卜胜娟, 等. 基于灰色聚类分析的风险评价方法研究——以江苏民间资本进入金融领域风险评价为例[J]. 数学的实践与认识, 2016, 46(8): 74-84.
(Zhang J, Geng H, Bu S J, et al. Study on risk assessment method based on grey clustering analysis[J]. Mathematics in Practice and Theory, 2016, 46(8): 74-84.)

[6] 赖辉, 黄宇梦, 周宗放. 基于云模型的网络信任及网络交易信用风险评估研究——以C2C交易模式为例[J]. 管理评论, 2017, 29(7): 225-234.
(Lai H, Huang Y M, Zhou Z F. Network trust and credit risk evaluation under online transaction based on cloud model — A case study in C2C transaction mode[J]. Management Review, 2017, 29(7): 225-234.)

[7] 马冬梅. 电子商务信用风险预警问题研究[J]. 辽宁省交通高等专科学校学报, 2010, 12(5): 36-41.
(Ma D M. Study on the problem of E-commerce credit risk warning[J]. Journal of Liaoning Provincial College of Communications, 2010, 12(5): 36-41.)

[8] 李爽. 商业企业电子商务信用风险预警模型研究[J]. 辽宁经济管理干部学院和辽宁经济职业技术学院学报, 2011(1): 9-10.
(Li S. Study on the model of E-commerce credit risk early-warning in bussiness enterprise[J]. Journal of Liaoning Economic Management Cadre Institute and Liaoning Econmonic Vocational Technological Institute, 2011(1): 9-10.)

- [9] 余乐安. 基于最小二乘近似支持向量回归模型的电子商务信用风险预警[J]. 系统工程理论与实践, 2012, 32(3): 508-514.
(Yu L A. E-commerce credit risk early-warning with a least squares proximal support vector regression model[J]. Systems Engineering—Theory & Practice, 2012, 32(3): 508-514.)
- [10] 江义火, 袁晓建. 电子商务交易中信用度准确评价仿真研究[J]. 计算机仿真, 2018, 35(7): 430-433.
(Jiang Y H, Yuan X J. Simulation research on accurate evaluation of credit degree in E-commerce transaction[J]. Computer Simulation, 2018, 35(7): 430-433.)
- [11] 余高锋, 费巍, 叶银芳. 基于前景理论的农村电子商务发展水平多维偏好决策方法[J]. 控制与决策, 2020, 35(9): 2182-2188.
(Yu G F, Fei W, Ye Y F. The development level of rural E-commerce multidimensional preference decision making method based on prospect theory[J]. Control and Decision, 2020, 35(9): 2182-2188.)
- [12] 邬建平. 基于粗糙集和支持向量回归的电子商务信用风险评估[J]. 统计与决策, 2019, 35(23): 51-54.
(Wu J P. E-commerce credit risk assessment based on rough set and support vector regression[J]. Statistics and Decision, 2019, 35(23): 51-54.)
- [13] 张鹤冰, 袁希, 白世贞. 基于贝叶斯网络的中国电子商务信用风险因素研究[J]. 运筹与管理, 2019, 28(5): 99-107.
(Zhang H P, Xi X, Bai S Z. Research on credit risk factors of Chinese E-commerce in China based on Bayesian network[J]. Operations Research and Management Science, 2019, 28(5): 99-107.)
- [14] Wu J, Cao Q W, Zhang J L. An ILOWG operator based group decision making method and its application to evaluate the supplier criteria[J]. Mathematical and Computer Modelling, 2011, 54(1/2): 19-34.
- [15] Wang T C, Chen Y H. Fuzzy multi-criteria selection among transportation companies with fuzzy linguistic preference relations[J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38(9): 11884-11890.
- [16] Tan C Q, Wu D, Ma B J. Group decision making with linguistic preference relations with application to supplier selection[J]. Expert Systems with Applications, 2011, 38(12): 14382-14389.
- [17] Chang T H, Hsu S C, Wang T C, et al. Measuring the success possibility of implementing ERP by utilizing the incomplete linguistic preference relations[J]. Applied Soft Computing, 2012, 12(5): 1582-1591.
- [18] Xu Z. Deviation measures of linguistic preference relations in group decision making[J]. Omega, 2005, 33(3): 249-254.
- [19] Wu Z B, Chen Y H. The maximizing deviation method for group multiple attribute decision making under linguistic environment[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2007, 158(14): 1608-1617.
- [20] Xu Z S. EOWA and EOWG operators for aggregating linguistic labels based on linguistic preference relations[J]. International Journal of Uncertainty Fuzziness and Knowledge-Based Systems, 2004, 12(6): 791-810.
- [21] 王新辉. 基于BP神经网络的国际电子商务风险预警模型研究[D]. 沈阳: 沈阳工业大学经济学院, 2008.
(Wang X H. Study on the international E-commerce credit risk early-warning systems model based on BP neural network[D]. Shenyang: School of Economics, Shenyang University of Technology, 2008.)
- [22] Yu G F, Li D F, Fei W. A novel method for heterogeneous multi-attribute group decision making with preference deviation[J]. Computers & Industrial Engineering, 2018, 124: 58-64.
- [23] Yu G F, Fei W, Li D F. A compromise-typed variable weight decision method for hybrid multiattribute decision making[J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2019, 27(5): 861-872.

作者简介

吴澎(1990—), 男, 博士生, 从事经济预测与决策分析、模糊集理论及其应用的研究, E-mail: littlepengwu@126.com;

周礼刚(1980—), 男, 教授, 博士生导师, 从事经济预测与决策分析、信息融合、模糊集理论及其应用等研究, E-mail: shuiqiaozlg@126.com;

陈华友(1969—), 男, 教授, 博士生导师, 从事经济预测与决策分析、信息融合、组合预测等研究, E-mail: huayouc@126.com.

(责任编辑: 闫 妍)