



社会网络环境下基于分布式信任的在线评价方法

曹清玮, 戴丽芳, 孙琪, 吴坚

引用本文:

曹清玮, 戴丽芳, 孙琪, 等. 社会网络环境下基于分布式信任的在线评价方法[J]. 控制与决策, 2020, 35(7): 1697–1702.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2018.1527>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

基于信任关系和互补判断矩阵的群决策方法

Group decision making method for fuzzy complementary judgement matrices based on trust relationships

控制与决策. 2020, 35(5): 1240–1246 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2018.1288>

一种基于区间信度结构的混合型多属性决策方法

A hybrid multi-attribute decision-making method based on interval belief structure

控制与决策. 2019, 34(1): 180–188 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2017.1007>

基于权重集结和相对优势关系的多属性决策方法

Multiple attribute decision making method based on weights aggregation and relative dominance relation

控制与决策. 2017, 32(2): 317–322 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2016.0078>

基于信任机制的不完全信息大群体决策方法

Method for large group decision making with incomplete decision preference information based on trust mechanism

控制与决策. 2016, 31(4): 577–585 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2015.0104>

使用在线评价信息的属性权重确定及方案排序方法

Method for determining attribute weights and ranking alternatives based on online evaluation information

控制与决策. 2016, 31(11): 1998–2004 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2015.1060>

社会网络环境下基于分布式信任的在线评价方法

曹清伟¹, 戴丽芳², 孙 琪³, 吴 坚^{3†}

(1. 上海海事大学 图书馆, 上海 201306; 2. 中国农业银行 衢州市分行, 浙江 衢州 324000;
3. 上海海事大学 经济管理学院, 上海 201306)

摘 要: 在线评价是社会网络环境下的一种新型多属性群决策问题. 首先, 为处理在线评价过程的不确定性, 定义了分布式信任的运算法则、集成算子和排序方法等; 其次, 提出一种分布式信任社会网络分析方法, 用来分析专家间的信任关系, 并计算出每位专家的信任权重; 再次, 基于在线评价信息, 结合最大和最小平均加权距离来综合确定未知的属性权重, 并利用相对贴适度对备选方案进行排序, 进而提出一种基于分布式信任的扩展 TOPSIS 法; 最后, 通过实例分析表明所提出方法的可行性.

关键词: 社会网络; 在线评价; 多属性决策; 群决策; 分布式语言信任; TOPSIS

中图分类号: C934

文献标志码: A

A distributed trust based online evaluation under social network

CAO Qing-wei¹, DAI Li-fang², SUN Qi³, WU Jian^{3†}

(1. Library, Shanghai Maritime University, Shanghai 201306, China; 2. Agricultural Bank of China Quzhou City Branch, Quzhou 324000, China; 3. School of Economics and Management, Shanghai Maritime University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Online review is a new type of multi-attribute group decision making problem under the social network environment. Firstly, in order to deal with the uncertainty of online evaluation process, the paper defines the algorithms of distributed trust, the integration operator and the sorting method. Then, a distributed trust social network analysis (SNA) methodology is proposed to represent trust relationship between experts and compute the trust degree of each expert. Furthermore, the paper combines the maximum average weighted distance and minimum average weighted distance to determine the integrated attribute weights based on distributed trust online reviews, and utilizes relative closeness coefficient to rank the alternatives. An extended TOPSIS method based on distributed trust is developed. Finally, an example is given to illustrate the feasibility of the proposed decision making method.

Keywords: social network; online reviews; multi-attribute decision making; group decision making; distributed linguistic trust; TOPSIS

0 引 言

线上用户根据自己的体验在购物平台或者第三方点评网站对诸如旅游、美食、电影等产品作出评价. 评价方式多样化, 涉及产品的多个属性, 并多以语言评价和数值打分的形式呈现^[1]. 在线评论能使目标用户聚合社区中的集体智慧, 提高决策的效率和准确性, 近年来已经引起了一些学者的关注^[2]. 目前, 在线评价方面的研究主要集中在以下两个方面:

1) 在线评价信息的有效性和处理方法. Peng 等^[3]主张基于产品的主要特征来识别有效评论, 并提出了一种基于模糊 PROMETHEE 的在线评价方法, 用于手机产品的在线评论选择研究. Chen 等^[4]为节

省传统文本挖掘算法需要的手动人力成本, 对产品事先进行正负情感分析, 将主题模型应用于评价信息的挖掘. 施晓菁等^[1]提出了一种评价效用的衡量机制, 分析了评级和评论两种不同形式的评价效用, 并提出用 RFMA 模型来计算评价者的总体评价效用.

2) 在线评价属性权重方法. 习杨等^[5]通过定义正理想累积分布向量和每个方案与该向量的距离, 构建了确定属性权重的优化模型. Zhang 等^[6]针对美国某旅游服务网站, 设计了一种新的使用线上社交信息的饭店决策支持模型, 该模型引入 BM 来集合评价属性, 并使用邦费罗尼法研究了评价属性之间的相互依存性, 通过相似性测量为属性分配权重. 梁霞等^[7]和

收稿日期: 2018-11-06; 修回日期: 2019-01-26.

基金项目: 国家自然科学基金项目(71571166).

责任编委: 李国齐.

[†]通讯作者. E-mail: jyajian@163.com.

尤天慧等^[8]则在考虑评论效用的基础上,依据累计效用较高的名词和词组来确定评价属性集,并通过每种属性出现的频率计算该属性的权重,评价属性出现的次数越多,其占比越大.

以上工作对于在线评价的研究具有重要意义,但还存在以下问题:

1) 如何处理评价信息的不确定性. 传统的评价一般多选择用“高、中等、低”等语言评价等级中的某个单一等级来表示偏好,但实际上偏好具有模糊性. 王坚强等^[9]将语言术语与直觉模糊集相融合,提出了直觉语言数及其运算法则,但该方法中隶属函数的确定在实际应用中难度较大. 因此,本文将利用一种分布式等级语言信任函数(DLTFs)来处理在线评论信息^[10],将分布式语言转换为离散的分布式信任以构建评价矩阵,使其能更全面地表达评价者的偏好,同时计算较简便.

2) 如何度量群体用户之间的信任关系. 传统在线评价过程中通常假设用户的权重是事先给定的,这与实际决策情况不符合. 考虑到社会网络中,群体用户之间存在历史互动信息(推荐或反馈等),形成一定的信任关系,可以将其作为一种信息源对用户进行赋权^[11-12]. 所以,其本质上是社会网络下一种新型的群体决策问题,已引起了人们的关注. 例如Wu等^[13]利用语言型社会网络进行建模来分析用户之间的信任关系,得到某个用户对于其他用户的信任强度并赋予权重,然后对多个信任的朋友的评价信息进行融合综合评价值. Liang等^[14]利用用户的链接数量和交互频率两个维度来度量用户之间的网络强度,并选择网络强度最大的链接用户,接受其推荐的评价信息. Capuano等^[15]认为专家A对专家B信任程度越高,越容易受B的观点的影响,然后通过社会网络构建群体人际之间的影响力,以分配专家之间的信任权重. 本文将基于目标用户的角度,根据历史行为和偏好匹配,构建一种基于分布式信任的社会网络,以确定用户的信任关系及其权重,进而集结群体评价矩阵.

此外,评价属性的权重也是多属性群决策(MAGDM)中方案排序的关键^[16]. 本文定义了分布式信任评价方案的正理想解和负理想解,分别建立最小和最大距离优化模型,获取两种属性权重,然后线性加权得到综合权重,并提出一种扩展的TOPSIS排序法. 综上,本文提出的在线评价研究方法采用分布式信任信息来处理在线评价的不确定性,通过社会网络分析获得用户的权重,同时利用拓展的TOPSIS来获得属性权重并进行方案排序.

1 基于分布式语言信任的社会网络分析

1.1 分布式语言信任的定义

社会网络分析(SNA)研究的是社会实体(群体、公司或者国家)之间的关系^[4,11-12],同时衡量其中的结构和区位优势,包括中心性、声望、结构平衡和信任关系等. 社会网络分析中的3个主要元素是:个体、个体间的关系以及个体属性(如图1所示).

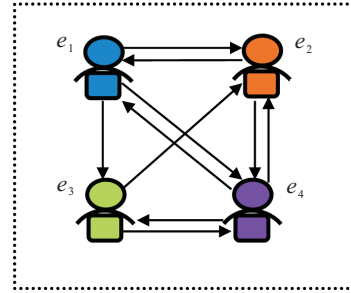


图1 社会网络关系

传统的社会网络采用二元关系来表示信任:“0或1”. 然而,现实生活中人们不仅仅用单一的“信任”或“不信任”来评论,更多的是用“高”、“中”、“低”等等级别来表达对他人的信任. 所以,语言方法被认为是一种有效的方法用来处理定性评价^[17]. 例如,Xu^[18]提出一个连续的语言模型:设 $S = \{s_\alpha | \alpha = -t, \dots, -1, 0, 1, \dots, t\}$ 为一个明确的完全有序离散术语集. 由于语言模型能够用于描述社会网络中信任关系的概念现象,本文将利用分布式语言信任^[10]的定义.

定义1 设 $H = \{H_\alpha | \alpha = 0, 1, \dots, \pi\}$ 为一个语言术语集,则分布式语言信任函数 T 可以定义为

$$T = \{(H_\alpha, \varphi_\alpha) | \alpha = 1, 2, \dots, \pi\}.$$

其中: $H_\alpha \in H, \sum_{\alpha=1}^{\pi} \varphi_\alpha = 1$ 且 $\varphi_\alpha \geq 0$ 属于 H_α 的一个分布式评估.

定义2 令 $\{T^1, \dots, T^n\}$ 为一个分布式语言信任函数集, $\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$ 是一个关联的权重向量, $\omega_j > 0$ 且 $\sum_{j=1}^n \omega_j = 1$. 其中: $T^j = \{(H_\alpha, \varphi_\alpha^j) | \alpha = 1, 2, \dots, \pi, j = 1, 2, \dots, n\}$. 于是,分布式信任函数的有序加权平均算子如下所示:

$$DTOWA_\omega(T^1, \dots, T^n) = \{(H_\alpha, \bar{\varphi}_\alpha) | \alpha = 1, 2, \dots, \pi\}, \quad (1)$$

其中 $\bar{\varphi}_\alpha = \sum_{j=1}^n \omega_j \varphi_\alpha^{\sigma(j)}$ 和 $\{\sigma(1), \sigma(2), \dots, \sigma(n)\}$ 是 $\{1, 2, \dots, n\}$ 的一个置换,满足 $T\sigma(j-1) \geq T\sigma(j)$, $j = 2, 3, \dots, n$.

为了对分布式语言信任函数进行排序,下面分别

对期望度和不确定性程度进行定义.

定义3 令 $T = \{(H_\alpha, \varphi_\alpha) | \alpha = 1, 2, \dots, \pi\}$ 为一个分布式语言信任函数, $H_\alpha \in H, \sum_{\alpha=1}^{\pi} \varphi_\alpha = 1$, 且 $\varphi_\alpha \geq 0$ 属于 H_α 的一个分布式评估, 则分布式语言信任函数 T 的期望度可以定义为

$$E(T) = \sum_{\alpha=1}^{\pi} H_\alpha \times \varphi_\alpha = H \sum_{\alpha=1}^{\pi} \alpha \varphi_\alpha. \quad (2)$$

为简便起见, 本文将用 $\sum$ 表示多个术语集的加总运算. $E(T)$ 值越大, 函数 T 的分值度也越大.

定义4 令 $T = \{(H_\alpha, \varphi_\alpha) | \alpha = 1, 2, \dots, \pi\}$ 为一个分布式语言信任函数, $H_\alpha \in H, \sum_{\alpha=1}^{\pi} \varphi_\alpha = 1$, 且 $\varphi_\alpha \geq 0$ 表示 H_α 的一个分布式评估, 则分布式语言信任函数 T 的不确定性度可以定义为

$$U(T) = \frac{1}{\pi} \sum_{\alpha=1}^{\pi} \left(\alpha \varphi_\alpha - \sum_{\alpha=1}^{\pi} \alpha \varphi_\alpha \right)^2. \quad (3)$$

$U(T)$ 值越大, 函数 T 的分值度越小.

分布式语言信任函数集 Λ 的排序关系定义如下.

定义5 给出两个分布式语言信任函数 T^1 和 $T^2, T^1, T^2 \in \Lambda$. 若要得出 T^1 小于 T^2 即 $T^1 \prec T^2$, 当且仅当满足下列的一个条件:

- 1) $E(T^1) < E(T^2)$;
- 2) $E(T^1) = E(T^2) \wedge U(T^1) > U(T^2)$.

1.2 分布式信任社会网络下构建信任关系

定义6 一个有关 E 的分布式语言信任社会矩阵 S_L 表达的是基于隶属函数 μ_{S_L} 的 $E \times E$ 间的关系: $E \times E \rightarrow \text{INT}[0, 1]$, 有

$$\mu_{S_L}(e_s, e_k) = T_{sk}, \quad (4)$$

其中 $T_{sk} = \{(H_\alpha, \varphi_\alpha) | \alpha = 1, 2, \dots, \pi\}$ 是一个分布式语言信任函数, 它表示专家 e_s 对专家 e_k 的信任程度评价. 而通过社会网络中专家间的信任关系有向图, 下列的中心度可用于计算社会网络中每个节点 (即社会网络中的个体) 的重要性.

定义7 令 $G = (E, L, \omega)$ 为一个有向图, $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$ 为节点集, $L = \{l_1, l_2, \dots, l_q\}$ 为节点之间的有向连线或弧集, 分布式语言信任评价集 $\{\omega_1^L, \omega_2^L, \dots, \omega_q^L\}$ 为连线 (或弧集) 的附加信息, 而 $S_L = (T_{sk})_{m \times m}$ 则是与图 $G = (E, L, \omega)$ 相联系的社会矩阵, 于是, 可通过下式计算来自于社会矩阵的相关节点的中心度:

$$C_D^L(e_k) = \frac{1}{m-1} \sum_{s=1}^m T_{sk}. \quad (5)$$

显然, 中心度指标反映了各专家相应的重要性程度. 专家的中心度指标值越大, 其在群体中的重要性越大. 因此, 可据此对群体中专家的重要性进行排序.

定义8 (信任度) 令 $E' = \{ID_{e_a} > ID_{e_b} > ID_{e_c} \dots\}$ 为中心度指标 $(C_D^L(e_k))$ 的排序结果. 对于有序加权平均算子, 语言量词通过一个基础的单元单调函数 $Q^{[19]}$ 计算: $F[0, 1] \rightarrow [0, 1]$, 有 $Q(0) = 0, Q(1) = 1$; 若 $x \geq y$, 则 $Q(x) \geq Q(y)$. 因此, 每位专家的信任度计算如下所示:

$$\omega_i = Q\left(\frac{i}{m}\right) - Q\left(\frac{i-1}{m}\right), \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (6)$$

ω_i 表示群体中信任度排在第 i 大的专家的权重, 即 $\omega_{i-1} \geq \omega_i, i = 2, 3, \dots, m$.

2 使用TOPSIS法的属性权重获取

多属性决策过程中, 常常存在属性权重 $w = (w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 未知的情况^[20-22], 下面提出一种基于扩展TOPSIS的属性求解方法.

定义9 令 η_1 为效益型评价属性的集合, η_2 为成本型评价属性的集合, $C = \{C_1, \dots, C_n\}$ 为所有评价属性的总集合, $A = \{A_1, \dots, A_m\}$ 为待评价的方案集合. 设 A^+ 为分布式语言信任正理想解, A^- 为分布式语言信任负理想解, 则正、负理想解可以定义为

$$A^+ = \{a_1^+, a_2^+, \dots, a_n^+\}, A^- = \{a_1^-, a_2^-, \dots, a_n^-\}, \\ j = 1, 2, \dots, n.$$

其中

$$a_j^+ = \{\max_i(a_{ij}), j \in \eta_1; \min_i(a_{ij}), j \in \eta_2\}; \\ a_j^- = \{\min_i(a_{ij}), j \in \eta_1; \max_i(a_{ij}), j \in \eta_2\}.$$

基于上述公式, 每个方案对负理想解 A^- 的距离可通过加权距离 D_i 进行计算, 即

$$D_i = \sum_{j=1}^n w_j d(\tilde{a}_{ij}, a_j^-), \quad i = 1, 2, \dots, m,$$

其中 $d(\tilde{a}_{ij}, a_j^-) = (\tilde{a}_{ij} - a_j^-)^2$. 加权距离 D_i 越大, 对应的方案 A_i 越佳. 同样, 每个方案对正理想解 A^+ 的距离可通过公式 $D_i = \sum_{j=1}^n w_j d(\tilde{a}_{ij}, a_j^+), i = 1, 2, \dots, m$ 计算得到. 加权距离 D_i 越小, 对应的方案 A_i 越佳.

属性权重完全未知情况下, 为了计算出每个评价属性的具体比重, 本文采用集成最大平均加权距离和最小平均加权距离的方法来构造下列属性权重分配模型:

$$\begin{cases} \max D = (D_1, D_2, \dots, D_n); \\ \text{s.t. } D_i = \sum_{j=1}^n w_j d(\tilde{a}_{ij}, a_j^-), \\ \sum_{j=1}^n w_j^2 = 1, 0 \leq w_j \leq 1, j = 1, 2, \dots, n. \end{cases} \quad (7)$$

$$\begin{cases} \min D = (D_1, D_2, \dots, D_n); \\ \text{s.t. } D_i = \sum_{j=1}^n w_j d(\tilde{a}_{ij}, a_j^+), \\ \sum_{j=1}^n w_j^{1/2} = 1, 0 \leq w_j \leq 1, j = 1, 2, \dots, n. \end{cases} \quad (8)$$

求解上述模型,可得

$$w_j^+ = \frac{\sum_{i=1}^m d(\tilde{a}_{ij}, a_j^-)}{\sqrt{\sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m d(\tilde{a}_{ij}, a_j^-) \right)^2}}, j = 1, 2, \dots, n, \quad (9)$$

$$w_j^- = 1 / \left[\sum_{i=1}^m d(\tilde{a}_{ij}, a_j^+) \times \sum_{j=1}^n \frac{1}{\sum_{i=1}^m d(\tilde{a}_{ij}, a_j^+)} \right]^2, \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad (10)$$

根据式(9)和(10)可得出最终每个评价属性的综合权重计算公式

$$w_j = \frac{w_j^+ + w_j^-}{2}, j = 1, 2, \dots, n. \quad (11)$$

3 方案的排序和决策过程

在确定社会网络中每位专家权重和评价属性权重之后,本文将采用相对贴近度 RC_i 对方案进行排序.首先计算方案间的相对距离.目前,已有学者提出了多种距离计算方法,包括较广泛使用的汉明距离、欧氏距离以及两者的归一化距离测量法.本文将采用下列归一化欧氏距离公式计算每种方案对分布式语言信任正负理想解的距离 S_i^+ 和 S_i^- :

$$S_i^+ = |\bar{A}_i - \bar{A}^+|, S_i^- = |\bar{A}_i - \bar{A}^-|.$$

然后,基于上述两个距离计算出每种方案对正理想解的相对贴近度 RC_i ,从而对方案进行排序. RC_i 的计算公式为

$$RC_i = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^+}. \quad (12)$$

贴近度越高,相应的方案越排在前面.

综上,本文研究了一种属性权重未知环境下基于信任度和扩展TOPSIS法的使用在线评价信息的决策支持模型.可以将该决策方法梳理为以下5个步骤.

step 1: 构建目标用户的社会网络,在社会网络中确定基于分布式语言信任函数评价矩阵的信任关系;

step 2: 根据step 1中的信任关系计算出社会网络中每位专家所占的信任比重即信任度;

step 3: 确定目标用户的评价属性,基于step 2的信任度,将每位专家的个体在线评价矩阵聚合为一个集体评价矩阵;

step 4: 基于在线评价信息,使用扩展TOPSIS法确定每个评价属性的权重;

step 5: 采用相对贴近度对方案进行排序,选出最优方案.

4 实证分析

目标用户基于某数码网站上的多款数码相机的评价信息,为其提供决策支持.数码相机的属性归为4个:性能、外观、便携度和价格,即属性集 $C = \{C_1, C_2, C_3, C_4\}$;目标用户已将目标商品锁定为3款相似的待选品牌,即 $A = \{A_1, A_2, A_3\}$;同时根据目标用户的历史互动和偏好倾向,识别出若干相似用户,构成社会网络,这里设为拥有4个与其偏好相似的专家即 $E = \{e_1, e_2, e_3, e_4\}$;在线评价信息以 $H = \{h_1 = \text{低}, h_2 = \text{中等}, h_3 = \text{高}\}$ 的语言标度集呈现.根据图1和分布式语言信任函数,可以得到如下的分布式语言信任社会矩阵 S_L :

$$S_L = \begin{bmatrix} - & \left\{ \begin{smallmatrix} H_1, 0.8 \\ H_2, 0.2 \\ H_3, 0.0 \end{smallmatrix} \right\} & \left\{ \begin{smallmatrix} H_2, 0.4 \\ H_3, 0.6 \\ H_3, 0.0 \end{smallmatrix} \right\} & \left\{ \begin{smallmatrix} H_1, 0.2 \\ H_2, 0.7 \\ H_3, 0.1 \end{smallmatrix} \right\} \\ \left\{ \begin{smallmatrix} H_1, 0.6 \\ H_2, 0.3 \\ H_3, 0.1 \end{smallmatrix} \right\} & - & \left\{ \begin{smallmatrix} H_1, 0.2 \\ H_3, 0.8 \\ H_3, 0.0 \end{smallmatrix} \right\} & - \\ \left\{ \begin{smallmatrix} H_1, 0.4 \\ H_2, 0.3 \\ H_3, 0.3 \end{smallmatrix} \right\} & \left\{ \begin{smallmatrix} H_2, 0.7 \\ H_3, 0.3 \\ H_3, 0.0 \end{smallmatrix} \right\} & - & \left\{ \begin{smallmatrix} H_1, 0.2 \\ H_2, 0.8 \\ H_3, 0.0 \end{smallmatrix} \right\} \\ - & \left\{ \begin{smallmatrix} H_1, 0.1 \\ H_2, 0.9 \\ H_3, 0.0 \end{smallmatrix} \right\} & \left\{ \begin{smallmatrix} H_1, 0.2 \\ H_2, 0.5 \\ H_3, 0.3 \end{smallmatrix} \right\} & - \end{bmatrix}.$$

依据式(5),计算出4位专家的中心度指标

$$C_D^L(e_1) = \{(H_1, 0.50), (H_2, 0.30), (H_3, 0.20)\};$$

$$C_D^L(e_2) = \{(H_1, 0.30), (H_2, 0.60), (H_3, 0.10)\};$$

$$C_D^L(e_3) = \{(H_1, 0.13), (H_2, 0.30), (H_3, 0.57)\};$$

$$C_D^L(e_4) = \{(H_1, 0.20), (H_2, 0.75), (H_3, 0.05)\}.$$

基于上述中心度指标值的计算结果,可以对专家的信任权重大小进行排序,有

$$W_{e_3} > W_{e_4} > W_{e_2} > W_{e_1},$$

其中专家3占的信任比重最大.根据式(6),取 $a = 0.5$,得到

$$W_{e_3} = \omega_1 = 0.50, W_{e_4} = \omega_2 = 0.21;$$

$$W_{e_2} = \omega_3 = 0.16, W_{e_1} = \omega_4 = 0.13.$$

进一步,根据专家的在线评论信息表1~表4,将个体的评价矩阵聚合为集体评价矩阵 $\bar{T}$,如表5所示.

表1 专家 e_1 的在线评价矩阵

e_1	C_1	C_2	C_3	C_4
A_1	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.6 \\ H_2, 0.3 \\ H_3, 0.1 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.6 \\ H_2, 0.0 \\ H_3, 0.4 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.2 \\ H_2, 0.5 \\ H_3, 0.3 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.0 \\ H_2, 0.4 \\ H_3, 0.6 \end{Bmatrix}$
A_2	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.1 \\ H_2, 0.2 \\ H_3, 0.7 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.0 \\ H_2, 0.4 \\ H_3, 0.6 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.2 \\ H_2, 0.3 \\ H_3, 0.5 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.1 \\ H_2, 0.5 \\ H_3, 0.4 \end{Bmatrix}$
A_3	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.0 \\ H_2, 0.3 \\ H_3, 0.7 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.2 \\ H_2, 0.7 \\ H_3, 0.1 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.0 \\ H_2, 0.5 \\ H_3, 0.5 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.4 \\ H_2, 0.5 \\ H_3, 0.1 \end{Bmatrix}$

表2 专家 e_2 的在线评价矩阵

e_2	C_1	C_2	C_3	C_4
A_1	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.2 \\ H_2, 0.4 \\ H_3, 0.4 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.0 \\ H_2, 0.7 \\ H_3, 0.3 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.5 \\ H_2, 0.0 \\ H_3, 0.5 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.1 \\ H_2, 0.5 \\ H_3, 0.4 \end{Bmatrix}$
A_2	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.0 \\ H_2, 0.6 \\ H_3, 0.4 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.2 \\ H_2, 0.0 \\ H_3, 0.8 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.3 \\ H_2, 0.2 \\ H_3, 0.5 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.2 \\ H_2, 0.2 \\ H_3, 0.6 \end{Bmatrix}$
A_3	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.2 \\ H_2, 0.2 \\ H_3, 0.6 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.5 \\ H_2, 0.3 \\ H_3, 0.2 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.2 \\ H_2, 0.4 \\ H_3, 0.4 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.4 \\ H_2, 0.0 \\ H_3, 0.6 \end{Bmatrix}$

表3 专家 e_3 的在线评价矩阵

e_3	C_1	C_2	C_3	C_4
A_1	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.0 \\ H_2, 0.8 \\ H_3, 0.2 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.3 \\ H_2, 0.4 \\ H_3, 0.3 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.2 \\ H_2, 0.0 \\ H_3, 0.8 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.3 \\ H_2, 0.7 \\ H_3, 0.0 \end{Bmatrix}$
A_2	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.1 \\ H_2, 0.1 \\ H_3, 0.8 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.2 \\ H_2, 0.4 \\ H_3, 0.4 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.3 \\ H_2, 0.7 \\ H_3, 0.0 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.0 \\ H_2, 0.5 \\ H_3, 0.5 \end{Bmatrix}$
A_3	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.2 \\ H_2, 0.8 \\ H_3, 0.0 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.3 \\ H_2, 0.6 \\ H_3, 0.1 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.1 \\ H_2, 0.9 \\ H_3, 0.0 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.0 \\ H_2, 0.6 \\ H_3, 0.4 \end{Bmatrix}$

表4 专家 e_4 的在线评价矩阵

e_4	C_1	C_2	C_3	C_4
A_1	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.1 \\ H_2, 0.0 \\ H_3, 0.9 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.3 \\ H_2, 0.6 \\ H_3, 0.1 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.0 \\ H_2, 0.8 \\ H_3, 0.2 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.7 \\ H_2, 0.3 \\ H_3, 0.0 \end{Bmatrix}$
A_2	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.2 \\ H_2, 0.3 \\ H_3, 0.5 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.3 \\ H_2, 0.6 \\ H_3, 0.1 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.2 \\ H_2, 0.0 \\ H_3, 0.8 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.1 \\ H_2, 0.2 \\ H_3, 0.7 \end{Bmatrix}$
A_3	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.4 \\ H_2, 0.6 \\ H_3, 0.0 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.2 \\ H_2, 0.4 \\ H_3, 0.4 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.6 \\ H_2, 0.0 \\ H_3, 0.4 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.0 \\ H_2, 0.5 \\ H_3, 0.5 \end{Bmatrix}$

集体矩阵 $\bar{T} = (\tilde{r}_{ij})_{m \times n}$ 中, $\tilde{r}_{ij}$ 表示聚合所有专家分布式语言信任矩阵后对方案 A_i 的 C_j 属性的评价结果。

已知 $w = (w_1, w_2, w_3, w_4)^T$ 为数码相机评价属性的权向量, 而属性权重事先完全未知。需要指出的是, 属性 C_1 (性能)、 C_2 (外观) 和 C_3 (便携度) 属于效益型属性, 而属性 C_4 (价格) 属于成本型属性。根据上述

表5 聚合的集体评价矩阵 $\bar{T}$

	C_1	C_2	C_3	C_4
A_1	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.13 \\ H_2, 0.50 \\ H_3, 0.37 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.29 \\ H_2, 0.44 \\ H_3, 0.27 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.21 \\ H_2, 0.23 \\ H_3, 0.56 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.31 \\ H_2, 0.55 \\ H_3, 0.14 \end{Bmatrix}$
A_2	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.11 \\ H_2, 0.24 \\ H_3, 0.65 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.20 \\ H_2, 0.38 \\ H_3, 0.42 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.27 \\ H_2, 0.42 \\ H_3, 0.31 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.07 \\ H_2, 0.39 \\ H_3, 0.54 \end{Bmatrix}$
A_3	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.22 \\ H_2, 0.60 \\ H_3, 0.18 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.30 \\ H_2, 0.52 \\ H_3, 0.18 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.21 \\ H_2, 0.58 \\ H_3, 0.21 \end{Bmatrix}$	$\begin{Bmatrix} H_1, 0.12 \\ H_2, 0.47 \\ H_3, 0.41 \end{Bmatrix}$

计算结果, 再通过式(10)~(12), 得到4个属性的权重分别为

$$w = (0.235, 0.320, 0.220, 0.225)^T.$$

进一步, 根据属性权重和聚合矩阵的数据计算出如下3种方案以及正负理想方案的评价矩阵:

$$\bar{A}_1 = \{(H_1, 0.24), (H_2, 0.43), (H_3, 0.33)\};$$

$$\bar{A}_2 = \{(H_1, 0.17), (H_2, 0.36), (H_3, 0.47)\};$$

$$\bar{A}_3 = \{(H_1, 0.22), (H_2, 0.54), (H_3, 0.24)\};$$

$$\bar{A}^+ = \{(H_1, 0.21), (H_2, 0.35), (H_3, 0.44)\};$$

$$\bar{A}^- = \{(H_1, 0.21), (H_2, 0.52), (H_3, 0.27)\}.$$

再据此计算出每种方案的相对贴近度, 得到

$$RC_1 = 0.18, RC_2 = 0.77, RC_3 = 0.16.$$

因此, 3款数码相机的排序结果为 $A_2 > A_1 > A_3$, 即第2款数码相机在3款备选相机中为最佳选择。

5 结 论

本文研究了使用在线评价的分布式信任社会网络决策支持模型, 通过专家间实际的社会网络信任关系分析来计算每个成员的比重。采用基于TOPSIS法中的最大和最小平均加权距离的集成来优化评价属性权重的获取, 进而实施基于相对贴近度的方案排序与决策过程。本文研究的模型将信任度引入在线评价过程, 对于解决专家权重和评价属性权重具有一定的价值和他创新之处。但是, 本文采用的社会网络信任模型没有考虑信任传递, 会存在评分专家之间可能没有直接信任关系的情况。下一步的研究目标是建立分布式语言信任传递模型, 通过第三方的传递建立完整的信任关系, 从而解决信任缺失的问题。

参考文献(References)

- [1] 施晓菁, 梁循, 孙晓蕾. 基于在线评级和评论的评价者效用机制研究[J]. 中国管理科学, 2016, 24(5): 149-157.
(Shi X Q, Liang X, Sun X L. Rater utility mechanism research based on online rating and comment[J]. Chinese

- Journal of Management Science, 2016, 24(5): 149-157.)
- [2] Liu Y, Fan Z P. A method for large group decision-making based on evaluation information provided by participators from multiple groups[J]. Information Fusion, 2016, 25: 132-141.
- [3] Peng Y, Kou G, Li J. A fuzzy promethee approach formining customer reviews in Chinese[J]. Arabian Journal of Science and Engineering, 2014, 39(6): 5245-5252.
- [4] Chen K, Kou G, Shang J, et al. Visualizing market structure through online product reviews: Integrate topic modeling, TOPSIS, and multi-dimensional scaling approaches[J]. Electronic Commerce Research and Applications, 2015, 14(1): 58-74.
- [5] 习扬, 樊治平. 使用在线评价信息的属性权重确定及方案排序方法[J]. 控制与决策, 2016, 31(11): 1998-2004.
(Xi Y, Fan Z P. Method for determining attribute weights and ranking alternatives based on online evaluation information[J]. Control and Decision, 2016, 31(11): 1998-2004.)
- [6] Zhang H Y, Ji P, Wang J Q, et al. A novel decision support model for satisfactory restaurants utilizing social information: A case study of TripAdvisor.com[J]. Tourism Management, 2017, 59: 281-297.
- [7] 梁霞, 姜艳萍, 高梦. 基于在线评论的产品选择方法[J]. 东北大学学报: 自然科学版, 2017, 38(1): 143-147.
(Liang X, Jiang Y P, Gao M. Product selection methods based on online reviews[J]. Journal of Northeastern University: Natural Science, 2017, 38(1): 143-147.)
- [8] 尤天慧, 李洪燕, 刘彩娜. 一种具有不确定偏好序信息的多指标群决策方法[J]. 中国管理科学, 2013(5): 110-113.
(You T H, Li H Y, Liu C N. A method for multiple criteria group decision making with uncertain preference ordinals[J]. Chinese Journal of Management Science, 2013(5): 110-113.)
- [9] 王坚强, 刘淘. 基于综合云的不确定语言多准则群决策方法[J]. 控制与决策, 2012, 27(8): 1185-1190.
(Wang J Q, Liu T. Uncertain linguistic multi-criteria group decision-making approach based on integrated cloud[J]. Control and Decision, 2012, 27(8): 1185-1190.)
- [10] Dai L F, Chiclana F, Fujita H, et al. A minimum adjustment cost feedback mechanism based consensus model for group decision making under social network with distributed linguistic trust[J]. Information Fusion, 2018, 41: 232-242.
- [11] Liu Y J, Wu J, Liang C Y. Attitudinal ranking and correlated aggregating methods for multiple attribute group decision making with triangular intuitionistic fuzzy Choquet integral[J]. The International Journal of Systems and Cybernetics, 2015, 44: 1437-1454.
- [12] Wu J, Xiong R T, Chiclana F. Uninorm trust propagation and aggregation methods for group decision making in social network with four tuple information[J]. Knowledge-Based Systems, 2016, 96: 29-39.
- [13] Wu J, Chiclana F, Herrera-Viedma E. Trust based consensus model for social network in an incomplete linguistic information context[J]. Applied Soft Computing, 2015, 35: 827-839.
- [14] Liang Q, Liao X W, Liu J P. A social ties-based approach for group decision-making problems with incomplete additive preference relations[J]. Knowledge-Based Systems, 2017, 119: 68-86.
- [15] Capuano N, Chiclana F, Fujita H, et al. Fuzzy group decision making with incomplete information guided by social influence[J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 2018, 26(3): 1704-1718.
- [16] 梁昌勇, 曹清玮, 吴坚. 基于主客观权重集成的电子商务网站评价方法[J]. 运筹与管理, 2009, 18(6): 146-154.
(Liang C Y, Cao Q W, Wu J. A method to e-business websites evaluation based on integration subjective weight and objective weight[J]. Operations Research and Management Science, 2009, 18(6): 146-154.)
- [17] Zhang G Q, Dong Y C, Xu Y F. Consistency and consensus measures for linguistic preference relations based on distribution assessments[J]. Information Fusion, 2014, 17(6): 46-55.
- [18] Xu Z S. Deviation measures of linguistic preference relations in group decision making[J]. Omega, 2005, 33(5): 249-254.
- [19] Yager R R. An ordered weighted averaging aggregation operators in multicriteria decision making[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1988, 18(2): 183-190.
- [20] Cao Q W, Wu J, Liang C Y. An intuitionistic fuzzy judgement matrix and TOPSIS integrated multi-criteria decision making method for green supplier selection[J]. Intelligent and Fuzzy Systems, 2015, 28(7): 117-126.
- [21] Fang B, Ye Q, Deniz Kucukusta D, et al. Analysis of the perceived value of online tourism reviews: Influence of readability and reviewer characteristics[J]. Tourism Management, 2016, 52(6): 498-506.
- [22] 朱琛. 在线评价发布网站对消费者购买意愿影响的实证研究[J]. 科学决策, 2016(4): 78-91.
(Zhu C. Study on the effect of the online WOM website on consumer purchasing intention[J]. Scientific Decision Making, 2016(4): 78-91.)

作者简介

曹清玮(1982—), 女, 工程师, 硕士, 从事群决策方法的研究, E-mail: caoqingwei1982@126.com;

戴丽芳(1989—), 女, 硕士生, 从事群决策方法的研究, E-mail: dlf20110913@163.com;

孙琪(1994—), 男, 博士生, 从事群决策方法的研究, E-mail: qisun1207@126.com;

吴坚(1977—), 男, 教授, 博士生导师, 从事社会网络和群决策方法等研究, E-mail: jyajian@163.com.