



## 基于Agent的综合信任评价的情感劝说模型

伍京华, 王凯欣

引用本文:

伍京华, 王凯欣. 基于Agent的综合信任评价的情感劝说模型[J]. 智能系统学报, 2021, 16(1): 117–124.

WU Jinghua, WANG Kaixin. Emotional persuasion model based on Agent's comprehensive trust evaluation[J]. *CAAI Transactions on Intelligent Systems*, 2021, 16(1): 117–124.

在线阅读 View online: <https://dx.doi.org/10.11992/tis.202009024>

## 您可能感兴趣的其他文章

### 基于序列模型的音乐词曲匹配度智能评估算法

Music lyrics–melody intelligent evaluation algorithm based on sequence model  
智能系统学报. 2020, 15(1): 67–73 <https://dx.doi.org/10.11992/tis.202001006>

### 一种人工情绪模型及其电商计算实验应用

An artificial emotion model and its application in the computation experiment of e-commerce  
智能系统学报. 2019, 14(3): 508–517 <https://dx.doi.org/10.11992/tis.201712021>

### 基于意识–情感–智能三位一体的煤矿供液过程控制

Hydraulic fluid supply process control of coal mine based on consciousness, emotion, and intelligence  
智能系统学报. 2018, 13(4): 640–649 <https://dx.doi.org/10.11992/tis.201704013>

### 因素空间理论——机制主义人工智能理论的数学基础

Factor space–mathematical basis of mechanism based artificial intelligence theory  
智能系统学报. 2018, 13(1): 37–54 <https://dx.doi.org/10.11992/tis.201711034>

### 一种基于OCC模型的文本情感挖掘方法

OCC–model–based text–emotion mining method  
智能系统学报. 2017, 12(5): 645–652 <https://dx.doi.org/10.11992/tis.201312032>

### 基于多Agent的面向订单的离散制造系统建模与仿真研究

Modeling and simulation of order-oriented discrete manufacturing system based on multi-Agent  
智能系统学报. 2016, 11(2): 233–240 <https://dx.doi.org/10.11992/tis.201506008>

微信公众平台



关注微信公众号, 获取更多资讯信息

DOI: 10.11992/tis.202009024

# 基于 Agent 的综合信任评价的情感劝说模型

伍京华, 王凯欣

(中国矿业大学(北京) 管理学院, 北京 100083)

**摘 要:** 针对目前 Agent 模拟人的信任评价研究不够深入现状, 首先根据情绪认知模型(Ortony, Clore & Collins, OCC), 将基于 Agent 的情感细分为 5 个等级, 引入情感度量因子, 采用模糊隶属度函数对其算法进行构建; 其次, 采用灰色关联分析法评价各信任指标, 并通过熵权法计算相应权重, 构建了综合信任评价算法; 综合以上研究, 提出了基于 Agent 的综合信任评价的情感劝说模型, 并以北京市碳排放权交易为背景, 设计了相应算例, 对以上研究进行了验证和分析; 最后对结论进行了归纳和梳理, 并给出了下一步研究方向。

**关键词:** 智能体; 信任评价; 情感劝说; 模糊隶属度; 商务智能; 自动谈判; 灰色关联分析; 熵权法  
**中图分类号:** TP18; C931.6   **文献标志码:** A   **文章编号:** 1673-4785(2021)01-0117-08

中文引用格式: 伍京华, 王凯欣. 基于 Agent 的综合信任评价的情感劝说模型 [J]. 智能系统学报, 2021, 16(1): 117-124.

英文引用格式: WU Jinghua, WANG Kaixin. Emotional persuasion model based on Agent's comprehensive trust evaluation [J]. CAAI transactions on intelligent systems, 2021, 16(1): 117-124.

## Emotional persuasion model based on Agent's comprehensive trust evaluation

WU Jinghua, WANG Kaixin

(School of Management, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China)

**Abstract:** In view of the present research on trust evaluation of agent simulators is not deep enough, an emotional persuasion model is proposed. The agent-based emotion was first divided into five levels according to the OCC model. First, an emotional factor was introduced, and a fuzzy membership function was used to construct the algorithm. Second, the gray relational analysis method was used to evaluate each trust index, and the corresponding weight was calculated by the entropy weight method, fully building the comprehensive trust evaluation algorithm. Third, an emotional persuasion model based on the agent's comprehensive trust evaluation was proposed. Under the background of emission trading permits of carbon in Beijing, corresponding examples were designed to verify and analyze the model. Finally, results were summarized and sorted into a conclusion, forming the next research direction.

**Keywords:** agents; trust evaluation; emotional persuasion; fuzzy membership; business intelligence; automated negotiation; gray relational analysis; entropy weight method

信息技术的日新月异, 使得商务智能变得越来越重要。作为该领域典型代表的自动谈判不需要或仅需要部分人参与, 所以能较大节约谈判成本, 提高谈判效率及效果, 在很大程度上代替了传统商务谈判<sup>[1]</sup>。Agent 是一定环境下计算机系

统和人工智能结合的计算实体, 具有自主行动、交互协作、感知反应等模拟人的特性, 是近年来人工智能的重要代表, 发展到现在, 出现了将其引入商务智能的新型自动谈判模式——基于 Agent 的自动谈判<sup>[2]</sup>。

随着研究的深入, 有许多学者将 Agent 模拟人的情感和劝说的人工智能优势引入基于 Agent 的自动谈判中, 推动该领域研究进入到了更加智能的阶段——基于 Agent 的情感劝说<sup>[3]</sup>。信任是

收稿日期: 2020-09-21.

基金项目: 国家自然科学基金项目 (71972177); 中央高校基本科研业务费专项资金项目 (2020YJSG04).

通信作者: 王凯欣. E-mail: 18811397606@163.com.

人们开展一切商务活动的前提,随时随地影响着人们在谈判劝说中的各种情感,影响整个自动谈判的顺利进行<sup>[4]</sup>。因此,在基于 Agent 的情感劝说中,考虑 Agent 模拟人的信任(简称基于 Agent 的信任),研究 Agent 的情感劝说如何根据信任评价进行合理有效的动态调整,以此更好完成自动谈判,将能更进一步发挥其商务智能优势,意义重大<sup>[5]</sup>。

在基于 Agent 的信任方面,余洋等<sup>[6]</sup>依据基于防御 Agent 的行为方式将信任分类,建立了信任启动模型。曹慕昆等<sup>[7]</sup>将信任拓展,开发了基于 Agent 的信任的电子商务谈判系统。蒋伟进等<sup>[8]</sup>利用时间敏感函数,提出了基于移动 Agent 的动态信任的计算方法。张高旭<sup>[9]</sup>在信心-信誉模型基础上,建立了能够适应动态变化环境的多属性综合信任模型。滕婕等<sup>[10]</sup>综合考虑直接与间接信任的影响,构建了基于 Agent 的信任识别模型。Majd 等<sup>[11]</sup>应用模糊逻辑提出信任模型,并通过实验证明该模型相比于贝叶斯等模型具有更高的准确性。Tung 等<sup>[12]</sup>提出了基于动态贝叶斯网络的信任评估模型,从直接和间接 2 方面评估目标可信度。Balakrishnan 等<sup>[13]</sup>考虑信誉、声誉和冲突,提出了基于 Agent 的信誉分配冲突的信任模型。

在基于 Agent 的情感劝说方面,董学杰<sup>[14]</sup>对自动谈判中 Agent 的情感进行分类,建立了自动谈判中基于 Agent 的情感决策模型,并在单属性谈判中进行了验证。伍京华等<sup>[15]</sup>利用情感第一定理、模糊隶属度函数和多属性效用函数,提出了基于 Agent 的情感劝说的合作主体选择模型。Jain 等<sup>[16]</sup>提出在基于 Agent 的自动谈判中加入情感因素,能起到更好的劝说效果;Adam 等<sup>[17]</sup>通过实验证明了将情感因素引入基于 Agent 的自动谈判具有潜在的好处;Marco 等<sup>[18]</sup>将提出的认知情感架构引入 Agent,证明情感的加入可以使 Agent 的交互更加真实可信。Carolis 等<sup>[19]</sup>建立的模型将情感与劝说结合,该模型可依据 Agent 的特性和习惯进行预测,得到的预测结果可作为 Agent 选择劝说策略的依据。

在基于 Agent 的信任的情感劝说方面,汪矿<sup>[20]</sup>利用情感分析的方法量化信任属性,并在该方法的基础上构建了基于 Agent 的情感强度感知的信任评价模型,从直接和推荐信任 2 个角度对信任进行评价。伍京华等<sup>[21]</sup>利用多维度评价信息和 Agent 关系网络,运用 Dempster-Shafer 证据理论,提出基于 Agent 的情感劝说的信任识别模型,通过引入动态权重因子,将直接交互信息和推荐信息进行组合,计算出各合作伙伴的综合信任度值,从中寻找出适合的合作伙伴,为基于 Agent 的

情感劝说决策提供大力支持。

综上所述,文献[7]主要针对信任信息的获取和集结建立模型;文献[8]考虑了时间对信任计算的影响,文献[9-12]从直接和间接 2 个角度进行信任评价,文献[13]考虑了信誉和冲突的作用,但是以上文献均未考虑情感因素的影响;文献[14]仅在单属性谈判中进行了验证,适用范围较小;文献[15]从主体信度评价,提议评价的角度进行模型建立,将情感量化引入模型中,但模型复杂,计算时不便操作;文献[17]仅证明将情感因素引进基于 Agent 的谈判具有一定优势,但未给出情感的度量方法;文献[18]主要对认知情感进行量化。综合对上述文献的分析,本文提出了熵权-灰色关联分析法的综合信任评价模型,并将情感量化引入模型,有效地进行信任评价。

## 1 基于 Agent 的综合信任评价的情感劝说模型

### 1.1 情感度量因子算法

基于 Agent 的情感劝说中,情感的度量至关重要,而这需要对其中的情感等级进行合理有效划分。文献[15]将其划分为积极、消极和中性 3 种类型,不仅较为笼统,而且与实际相符程度也不够。情绪认知模型(ortony clore&collins, OCC)根据 3 个标准及诱因和强度差异将情感划分为 22 种,从该模型出发对 Agent 的情感等级进行划分,能较好地弥补以上不足<sup>[22]</sup>。本文基于该模型,参考文献[23-24]的评价方法,将基于 Agent 的情感劝说中的情感进一步划分为以下 5 个等级:

等级 1: 厌恶 (Disgusted), 对被评价 Agent 极其不信任, 表现出极为不高兴和不满意的情感状态;

等级 2: 消极 (Negative), 对被评价 Agent 较为不信任, 表现出较为不高兴和不满意的情感状态;

等级 3: 安静 (Quiet), 对被评价 Agent 的信任处于中立状态, 既不表现出不高兴和不满意的情感状态, 也不表现出高兴和满意的情感状态;

等级 4: 积极 (Optimistic), 对被评价 Agent 较为信任, 表现出较为高兴和满意的情感状态;

等级 5: 兴奋 (Excited), 对被评价 Agent 极其信任, 表现出极为高兴和满意的情感状态;

本文假设  $x$  为不同的情感状态, 采用模糊隶属度函数计算方法, 取偏大型柯西分布及对数函数作为隶属函数, 通过式 (1) 对基于 Agent 的劝说中的情感进行计算:

$$f(x) = \begin{cases} \left[1 + \alpha(x - \beta)^{-2}\right]^{-1}, & 1 \leq x \leq 3 \\ a \ln x + b, & 3 < x \leq 5 \end{cases} \quad (1)$$



式中  $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $a$ 、 $b$  为待定常数。当 Agent 的情感表现为兴奋时, 隶属度为 1, 即  $f(5)=1$ ; 当 Agent 的情感表现为安静时, 隶属度为 0.8, 即  $f(3)=0.8$ ; 当 Agent 的情感表现为厌恶时, 隶属度为 0.01, 即  $f(1)=0.01$ 。

联立 3 种状态:

$$\begin{cases} f(5)=1 \\ f(3)=0.8 \\ f(1)=0.01 \end{cases} \quad (2)$$

计算得到  $\alpha=1.108\ 6$ ,  $\beta=0.894\ 2$ ,  $a=0.391\ 5$ ,  $b=0.369\ 9$ 。则情感度量因子为

$$f(x)=\begin{cases} [1+1.108\ 6(x-0.894\ 2)^{-2}]^{-1}, & 1 \leq x \leq 3 \\ 0.391\ 5 \ln x + 0.369\ 9, & 3 < x \leq 5 \end{cases} \quad (3)$$

## 1.2 综合信任评价算法

灰色关联分析通过计算关联系数来描述各对象之间的联系, 反映各对象之间的关联程度, 具有对样本量的大小无严格要求、样本数据无需服从任何分布、计算过程简单、通俗易懂、可同时处理确定及不确定信息等优势<sup>[25]</sup>。熵权法通过计算指标的信息熵衡量指标可变性, 确定指标的客观权重, 具有计算方法简单、不受主观因素影响、计算结果相对客观等优势<sup>[26]</sup>。因此, 本文采用灰色关联分析法评价各信任指标, 通过熵权法计算相应权重, 从而计算综合信任评价, 能更好解决信任评价中主体仅凭个人直觉确定合作伙伴; 无法将定量数据与不确定信息结合而进行全面评价等问题<sup>[27]</sup>。

### 1.2.1 评价各信任指标

假设在基于 Agent 的情感劝说中, Agent 需要通过信任评价选择合适的被评价 Agent 进行交互。此时有  $n$  个被评价 Agent, 集合为  $\text{Agent} = (\text{Agent}_1, \text{Agent}_2, \dots, \text{Agent}_n)$ , 每个被评价 Agent 都有  $m$  个被评价的信任指标, 相应集合为  $E = (e_1, e_2, \dots, e_m)$ , 被评价 Agent 的信任指标  $e_j$  的值为  $u_{ij} (i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, m)$ , 可得被评价 Agent 对指标集合  $E$  的分析矩阵  $U_0$ 。

此外, 需要将所有指标统一为效益型或成本型, 以使计算结果准确。本文为评价 Agent 的综合信任需将指标转化为效益型, 即将成本型指标按式  $u_{ij} = \max u'_{ij} - u'_{ij}$  进行计算<sup>[26]</sup>, 整理得到正向化矩阵  $U$  为

$$U = \begin{bmatrix} u_{11} & u_{12} & \cdots & u_{1m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ u_{n1} & u_{n2} & \cdots & u_{nm} \end{bmatrix}$$

为使所有数据处于同一量纲级别, 需要利用一定的方法处理矩阵。均值法具有计算简单, 不

受极端数值影响, 并可以保留变量取值差异的优势<sup>[28]</sup>, 因此采用均值法  $w_{ij} = u_{ij}/\bar{u}_j$ , 对正向化矩阵进行去量纲处理, 可得到被评价 Agent 的初始矩阵  $W$  为

$$W = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & \cdots & w_{1m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ w_{n1} & w_{n2} & \cdots & w_{nm} \end{bmatrix}$$

假设  $\text{Agent}_0$  为最理想的合作对象, 根据灰色关联分析法选取参考序列  $w_{i0} = \max(u_{i1}, u_{i2}, \dots, u_{im})$ , 参考序列的各项数据即为理想 Agent 各项指标所对数据。计算各个被评价 Agent 的每项信任指标与理想  $\text{Agent}_0$  各项参考指标的关联系数为

$$\gamma_{ij} = \frac{\min_n \min_m |w_{i0} - w_{ij}| + \rho \max_n \max_m |w_{i0} - w_{ij}|}{|w_{i0} - w_{ij}| + \rho \max_n \max_m |w_{i0} - w_{ij}|} \quad (4)$$

式中  $\rho$  为分辨系数, 取值范围为  $(0, 1)$ , 一般取 0.5。利用式 (4) 计算各个被评价 Agent 的关联系数, 构成矩阵  $G$  为

$$G = \begin{bmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \cdots & \gamma_{1m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \gamma_{n1} & \gamma_{n2} & \cdots & \gamma_{nm} \end{bmatrix}$$

### 1.2.2 权重计算

首先, 根据公式  $y_{ij} = \frac{u_{ij} - \min(u_i)}{\max(u_i) - \min(u_i)}$  将得到的正向化矩阵  $U$  按照区间法进行整理<sup>[29]</sup>, 得到标准矩阵  $Y$  为

$$Y = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1m} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ y_{n1} & y_{n2} & \cdots & y_{nm} \end{bmatrix}$$

其次, 根据标准矩阵计算各信任指标信息熵为

$$Q_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n \frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^n y_{ij}} \ln \frac{y_{ij}}{\sum_{i=1}^n y_{ij}} \quad (5)$$

最后, 计算各信任指标权重为

$$Z_j = \frac{1 - Q_j}{m - \sum_{j=1}^m Q_j} \quad (6)$$

## 1.3 模型

综合式 (3)、(4) 和 (6), 可得基于 Agent 的综合信任评价的劝说模型即被评价 Agent 的综合信任评价值为

$$D_i = f(x) \sum_{j=1}^m Z_j \gamma_{ij} \quad (7)$$

## 2 算例分析

### 2.1 算例

为更好地说明和验证以上模型, 本文以北京

市碳排放权交易的二级市场即政府分配后的企业自由交易为背景,假设其中的企业为了节约成本,提高谈判效率及成功率,采用基于 Agent 的情感劝说的信任评价模型进行谈判。在信任指标的选取上,主要考虑直接交互次数、情感劝说次数、交易金额、交易规模、推荐评分及与第三方 Agent 的累计合作次数 6 个指标。直接交互次数代表买方 Agent 与卖方 Agent 交易过程中的直接合作次数,该值越大,买方越可信<sup>[30]</sup>;情感劝说次数表示卖方 Agent 在与买方 Agent 合作前进行的谈判轮次,该值越小,买方 Agent 越可信;交易金额和交易规模可用于衡量交易的重要程度,该值越大,买方 Agent 越可信<sup>[31]</sup>;推荐评分及与第三方 Agent 的累计合作次数是间接信任指标,代表第三方 Agent 的推荐程度,指标数值越大,买方 Agent 越可信。

假设共有 10 个买方 Agent( $Agent_1, Agent_2, \dots, Agent_{10}$ )向卖方 Agent 发出合作请求,表达合作意向。3 个第三方 Agent( $Agent\ I, Agent\ II, Agent\ III$ )给出推荐信息。卖方 Agent 对 10 个被评价的买方 Agent 的情感状态分别为消极、安静、积极、安静、兴奋、积极、消极、厌恶、兴奋、安静,对应的情感度量因子大小分别为  $f_1(2)=0.52, f_2(3)=0.8, f_3(4)=0.91, f_4(3)=0.8, f_5(5)=1, f_6(4)=0.91, f_7(2)=0.52, f_8(1)=0.01, f_9(5)=1, f_{10}(3)=0.8$ 。

1) 利用专家评分法表示第三方 Agent 给出的评分数据如表 1 所示。

表 1 买方 Agent 所得评分  
Table 1 Score of the buyer Agents

Agent	专家1	专家2	专家3	Agent	专家1	专家2	专家3
$Agent_1$	83	87	85	$Agent_6$	90	84	80
$Agent_2$	88	75	88	$Agent_7$	76	87	83
$Agent_3$	80	86	80	$Agent_8$	88	79	86
$Agent_4$	78	83	79	$Agent_9$	84	90	85
$Agent_5$	86	83	92	$Agent_{10}$	77	85	88

为降低主观性影响,本文参考文献[32],计算每个专家与其他专家所给分数的绝对差值,并将差值求和,用绝对差值的和表示专家的可信水平。显然,绝对差值的和越小,评分越可信。首先,计算专家 1 与其他 2 位专家的评分绝对差值为

$$|87+85-83\times 2|+|88+75-88\times 2|+\dots+|88+85-77\times 2|=104$$

同理,求得专家 2 与其他 2 位专家的评分绝对差值为 118,专家 3 与其他 2 位专家的评分绝对差值为 72。

其次,计算得到每位专家绝对差值和占有所有专家绝对差值总和的比重分别为

$$104\div(104+118+72)=0.35; 118\div(104+118+72)=0.40; 72\div(104+118+72)=0.24$$

最后,将该比重作为每位专家打分的权重,计算 3 位专家打分的加权平均值,该值作为参考指标。例如,  $Agent_1$  的最终评分为  $0.35\times 83+0.4\times 87+0.24\times 85=85.10$ ,同理计算得到卖方 Agent 对买方  $Agent_2$  到  $Agent_{10}$  的评分为 83.03, 84.12, 80.25, 86.27, 85.14, 81.73, 83.90, 86.65, 80.75。

2) 结合以上评分值,并给出卖方 Agent 对 10 个买方 Agent 其他所有指标初始值如表 2 所示。

表 2 卖方 Agent 对所有买方 Agent 的指标初始值  
Table 2 Index initial value of all the buyer Agents

Agent	直接交互次数	情感劝说次数	交易金额/万元	交易规模/t	推荐评分	累计合作次数
$Agent_1$	2	7	15	2 300	85.10	15
$Agent_2$	3	4	17	1 100	83.03	10
$Agent_3$	9	2	26	3 200	84.12	2
$Agent_4$	7	8	21	2 800	80.25	9
$Agent_5$	4	6	20	2 500	86.27	12
$Agent_6$	1	5	12	1 400	85.14	4
$Agent_7$	5	1	30	3 500	81.73	7
$Agent_8$	9	6	18	2 500	83.90	9
$Agent_9$	8	7	10	1 700	86.65	5
$Agent_{10}$	12	4	16	2 400	80.75	5

由表 2 得到分析矩阵为

$$U_0 = \begin{bmatrix} 2 & 7 & 15 & 2300 & 85.10 & 15 \\ 3 & 4 & 17 & 1100 & 83.03 & 10 \\ 9 & 2 & 26 & 3200 & 84.12 & 2 \\ 7 & 8 & 21 & 2800 & 80.25 & 9 \\ 4 & 6 & 20 & 2500 & 86.27 & 12 \\ 1 & 5 & 12 & 1400 & 85.14 & 4 \\ 5 & 1 & 30 & 3500 & 81.73 & 7 \\ 9 & 6 & 18 & 2500 & 83.09 & 9 \\ 8 & 7 & 10 & 1700 & 86.65 & 5 \\ 12 & 4 & 16 & 2400 & 80.75 & 5 \end{bmatrix}$$

正向化得到:

$$U = \begin{bmatrix} 2 & 1 & 15 & 2300 & 85.10 & 15 \\ 3 & 4 & 17 & 1100 & 83.03 & 10 \\ 9 & 6 & 26 & 3200 & 84.12 & 2 \\ 7 & 0 & 21 & 2800 & 80.25 & 9 \\ 4 & 2 & 20 & 2500 & 86.27 & 12 \\ 1 & 3 & 12 & 1400 & 85.14 & 4 \\ 5 & 7 & 30 & 3500 & 81.73 & 7 \\ 9 & 2 & 18 & 2500 & 83.09 & 9 \\ 8 & 1 & 10 & 1700 & 86.65 & 5 \\ 12 & 4 & 16 & 2400 & 80.75 & 5 \end{bmatrix}$$

利用均值法将正向化矩阵去量纲处理, 得初始化矩阵  $W$  为

$$W = \begin{bmatrix} 0.333 & 0.333 & 0.810 & 0.982 & 1.016 & 1.923 & 1 \\ 0.500 & 1.333 & 0.918 & 0.470 & 0.992 & 0.128 & 1 \\ 1.500 & 2.000 & 0.140 & 1.367 & 1.005 & 1.025 & 4 \\ 1.166 & 0.000 & 0.113 & 1.196 & 0.958 & 1.153 & 8 \\ 0.666 & 0.666 & 1.081 & 1.068 & 1.030 & 1.538 & 5 \\ 0.166 & 1.000 & 0.648 & 0.598 & 1.017 & 0.512 & 8 \\ 0.833 & 2.333 & 1.621 & 1.495 & 0.976 & 0.897 & 4 \\ 1.500 & 0.666 & 0.973 & 1.068 & 1.002 & 1.153 & 8 \\ 1.333 & 0.333 & 0.540 & 0.726 & 1.035 & 0.641 & 0 \\ 2.000 & 1.333 & 0.864 & 1.025 & 0.964 & 0.641 & 0 \end{bmatrix}$$

3) 由初始化矩阵得到理想合作 Agent<sub>0</sub> 的指标为  $w_{i0} = (2.000, 0.233, 1.621, 1.495, 1.035, 1.923, 1)$ , 根据式 (4) 以及矩阵  $W$  计算得到各个被评价 Agent 与理想 Agent 每个指标的关联系数如表 3 所示。

表 3 关联系数值

Table 3 Value of the Correlation coefficient

Agent	直接交互次数	劝说次数	交易金额	交易规模	推荐评分	累计合作次数
Agent <sub>1</sub>	0.106 4	0.090 3	0.196 6	0.279 0	0.914 2	1.000 0
Agent <sub>2</sub>	0.116 8	0.165 6	0.220 2	0.162 1	0.820 8	0.236 4
Agent <sub>3</sub>	0.284 1	0.373 1	0.478 5	0.607 5	0.867 8	0.106 4
Agent <sub>4</sub>	0.192 3	0.078 4	0.289 7	0.398 8	0.721 8	0.205 1
Agent <sub>5</sub>	0.129 5	0.106 4	0.268 5	0.317 1	0.977 2	0.340 3
Agent <sub>6</sub>	0.097 7	0.129 5	0.169 4	0.181 1	0.916 6	0.123 3
Agent <sub>7</sub>	0.145 4	1.000 0	1.000 0	1.000 0	0.771 3	0.162 1
Agent <sub>8</sub>	0.284 1	0.106 4	0.234 2	0.317 1	0.857 7	0.205 1
Agent <sub>9</sub>	0.229 4	0.090 3	0.155 1	0.205 1	1.000 0	0.134 0
Agent <sub>10</sub>	1.000 0	0.165 6	0.207 7	0.296 8	0.737 7	0.134 0

1) 将分析矩阵  $U$  按信息熵标准化方法处理, 计算得到标准矩阵  $Y$ :

$$Y = \begin{bmatrix} 0.09 & 0.14 & 0.25 & 0.50 & 0.76 & 1.00 \\ 0.18 & 0.57 & 0.35 & 0.00 & 0.43 & 0.62 \\ 0.73 & 0.86 & 0.80 & 0.88 & 0.60 & 0.00 \\ 0.55 & 0.00 & 0.55 & 0.71 & 0.00 & 0.54 \\ 0.27 & 0.29 & 0.50 & 0.58 & 0.94 & 0.77 \\ 0.00 & 0.43 & 0.10 & 0.13 & 0.76 & 0.15 \\ 0.36 & 1.00 & 1.00 & 1.00 & 0.23 & 0.38 \\ 0.73 & 0.29 & 0.40 & 0.58 & 0.57 & 0.54 \\ 0.64 & 0.14 & 0.00 & 0.25 & 1.00 & 0.23 \\ 1.00 & 0.57 & 0.30 & 0.54 & 0.08 & 0.23 \end{bmatrix}$$

表 4 计算结果对比分析

Table 4 Comparison of calculation results

结果	本文提出的模型	去除Agent模拟人的情感
综合信任值	2.55, 3.76, 4.69, 3.83, 4.84, 4.17, 2.82, 0.05, 4.68, 4.03	4.87, 4.70, 5.14, 4.78, 4.84, 4.58, 5.42, 4.85, 4.68, 5.03
排序	$D_5 > D_3 > D_9 > D_6 > D_{10} > D_4 > D_2 > D_7 > D_1 > D_8$	$D_7 > D_3 > D_{10} > D_1 > D_8 > D_5 > D_4 > D_2 > D_9 > D_6$
最优选择	Agent <sub>5</sub>	Agent <sub>7</sub>

2) 由标准矩阵和信息熵式 (5) 计算得到各指标的信息熵为 0.515 4, 0.493 6, 0.671 4, 0.583 5, 0.574 6, 0.651 2。由权重计算式 (6) 计算得到各个指标的权重  $z_j$  分别为 0.19, 0.20, 0.13, 0.16, 0.17, 0.14。

3) 由权重和关联系数, 根据式 (7) 计算综合信任评价值为

$$\begin{aligned} D_1 &= f_1 \sum_{j=1}^m Z_j \gamma_{1j} = 2.55, D_2 = f_2 \sum_{j=1}^m Z_j \gamma_{2j} = 3.76 \\ D_3 &= f_3 \sum_{j=1}^m Z_j \gamma_{3j} = 4.69, D_4 = f_4 \sum_{j=1}^m Z_j \gamma_{4j} = 3.83 \\ D_5 &= f_5 \sum_{j=1}^m Z_j \gamma_{5j} = 4.84, D_6 = f_6 \sum_{j=1}^m Z_j \gamma_{6j} = 4.17 \\ D_7 &= f_7 \sum_{j=1}^m Z_j \gamma_{7j} = 2.82, D_8 = f_8 \sum_{j=1}^m Z_j \gamma_{8j} = 0.05 \\ D_9 &= f_9 \sum_{j=1}^m Z_j \gamma_{9j} = 4.68, D_{10} = f_{10} \sum_{j=1}^m Z_j \gamma_{10j} = 4.03 \end{aligned}$$

可见  $D_5 > D_3 > D_9 > D_6 > D_{10} > D_4 > D_2 > D_7 > D_1 > D_8$ , 卖方 Agent 将选择买方 Agent<sub>5</sub> 进行下一步情感劝说, 并最终完成谈判。通过算例可以发现, 利用本文提出的模型可以帮助卖方 Agent 在实际商务谈判中快速完成远程异地谈判对象选择, 提高后续谈判效率, 推动商务智能的自动谈判进程。尤其在 2020 年突发的新冠疫情下, 采用该模型可以使企业人员不需要面对面就能更好完成谈判, 从而避免面对面的传统谈判带来的极大传染风险, 更进一步体现了运用该模型的紧迫性和优越性。

## 2.2 分析

### 2.2.1 与不考虑情感的模型的对比分析

本文提出的模型综合考虑了 Agent 模拟人的情感、劝说和信任, 表 4 将本文提出的模型计算后的上述结果与该模型中 Agent 模拟人的情感去除后的计算结果进行了列举和对比:

由对比结果可知, 卖方 Agent 对被评价的买方 Agent 的情感会严重影响信任评价。当 Agent 的情感处于消极或者更差时, 卖方 Agent 的最佳选择将不再是 Agent<sub>5</sub>, 而是 Agent<sub>7</sub>。由此可见, 考虑 Agent 模拟人的情感对基于 Agent 的自动谈判影响较大, 能使其中的 Agent 模拟人的智能化和理性程度更高, 从而帮助企业做出更符合实际商务谈判的决定。

### 2.2.2 与熵权-TOPSIS 评价模型的对比分析

将本文建立的模型与文献 [33] 的熵权-TOPSIS 模型进行对比, 如表 5 所示, 根据本文提出的模型计算得到 Agent5 为最优选择, 而根据熵权-TOPSIS(technique for order preference by similarity to ideal solution) 评价模型进行计算时, 卖方

Agent 在不同的情感状态下得到的被评价的买方 Agent 的排序始终不变。

因此, 本文提出引入情感度量因子的模型, 可使评价 Agent 依据该因子调节对不同被评价 Agent 的情感状态, 更符合真实谈判, 适用性更强。

表 5 模型结果对比

Table 5 Comparison of models' results

结果	本文提出的模型	熵权-TOPSIS评价模型
评价结果	被评价Agent的综合信任值为 2.55,3.76,4.69,3.83,4.84,4.17,2.82,0.05,4.68,4.03	被评Agent与理想解的关联度为 0.342 5,0.421 6,0.650 7,0.364 4, 0.395 6,0.270 1,0.661 4,0.479 5,0.335 5,0.602 6
排序	$D_5 > D_3 > D_9 > D_6 > D_{10} > D_4 > D_2 > D_7 > D_1 > D_8$	$D_7 > D_3 > D_{10} > D_8 > D_2 > D_5 > D_4 > D_1 > D_9 > D_6$

## 3 结束语

本文综合运用 OCC 模型、模糊隶属度函数、灰色关联分析法及熵权法, 对其中的信任指标及权重计算进行设定, 构建基于 Agent 的综合信任评价的情感劝说模型。该模型能充分利用 Agent 在自动谈判中的历史信任信息, 以及第三方 Agent 提供的推荐信任信息, 使信任的评价更加可靠, 为解决远程异地谈判问题, 提高谈判效率提供了一种新思路。通过算例及其分析, 以及其他模型的对比分析, 验证了该模型能够有效计算并选择出可信买方 Agent, 从而验证了该模型的有效性。但文中在实际数据运用及系统构建方面还有所欠缺, 后续将进一步完善。

## 参考文献:

- [1] 罗旭东, 黄俏娟, 詹捷宇. 自动谈判及其基于模糊集的模式综述 [J]. 计算机科学, 2019, 46(12): 220-230.  
LUO Xudong, HUANG Qiaojuan, ZHAN Jieyu. A survey of automated negotiation and its fuzzy set based models[J]. Computer science, 2019, 46(12): 220-230.
- [2] SHENG Yin, HU Wenting, ZHU Xianjun. Trust-based agent evaluation in collaborative systems[C]//Proceedings of the 14th CCF Conference on Computer Supported Cooperative Work and Social Computing. Kunming, China, 2019: 287-296..
- [3] CHEN Chouyong, XU Chao. A negotiation optimization strategy of collaborative procurement with supply chain based on multi-Agent system[J]. Mathematical problems in engineering: theory, methods and applications, 2018: 4653648.
- [4] BASHEER G S, AHMAD M S, TANG A Y C, et al. Certainty, trust and evidence: towards an integrative model of confidence in multi-agent systems[J]. Computers in human behavior, 2015, 45: 307-315.
- [5] 伍京华, 王佳莹, 张富娟, 等. 基于 Agent 的信任的情感劝说决策模型研究 [J]. 计算机集成制造系统, 2021, 27(3): 887-898.  
WU Jinghua, WANG Jiaying, ZHANG Fujuan, et al. Research on emotional persuasion decision model based on agent's trust[J]. Computer integrated manufacturing systems, 2021, 27(3): 887-898.
- [6] 余洋, 夏春和, 原志超, 等. 计算机网络协同防御系统信任启动模型 [J]. 浙江大学学报(工学版), 2016, 50(9): 1684-1694.  
YU Yang, XIA Chunhe, YUAN Zhichao. Trust bootstrapping model for computer network collaborative defense system[J]. Journal of Zhejiang University (engineering science), 2016, 50(9): 1684-1694.
- [7] 曹慕昆, 戴晓沛, 杨兴臻, 等. 基于多 Agent 信任机制的电子商务谈判系统研究 [J]. 信息系统学报, 2015(1): 27-38.  
CAO Mukun, DAI Xiaopei, YANG Xingyi, et al. Research on E-commerce negotiation system based on multi-agent trust mechanism[J]. Journal of information systems, 2015(1): 27-38.
- [8] 湖南商学院. 基于移动 Agent 的动态信任计算方法 [P]. 中国: CN201911084911.6, 2020-02-28.  
Hunan University of Commerce. Dynamic trust calculation method based on mobile Agent[P]. CN: CN201911084911.6, 2020-02-28.
- [9] 张高旭. 基于多属性评价的信任模型研究 [D]. 天津: 天津大学, 2016: 12-22.  
ZHANG Gaoxu. Research on trust model based on multi-attribute ratings[D]. Tianjin: Tianjin University, 2016: 12-22.
- [10] 滕婕, 夏志杰, 罗梦莹, 等. 基于 Multi-Agent 的网络谣言传播事件中信息主体信任识别研究 [J]. 情报学报, 2020, 39(3): 105-114.



- TENG Jie, XIA Zhijie, LUO Mengying, et al. Research on trust recognition of information subject in network rumor propagation event based on multi-agent[J]. *Journal of the China society for scientific and technical information*, 2020, 39(3): 105–114.
- [11] MAJD E, BALAKRISHNAN V. A trust model for recommender agent systems[J]. *Soft computing*, 2017, 21(2): 417–433.
- [12] NGUYEN T D, BAI Quan. A dynamic Bayesian network approach for agent group trust evaluation[J]. *Computers in human behavior*, 2018, 89: 237–245.
- [13] MAJD E, BALAKRISHNAN V. A reputation-oriented trust model for multi-agent environments[J]. *Industrial management and data systems*, 2016, 116(7): 1380–1396.
- [14] 董学杰, 蒋国瑞, 黄梯云. 多 Agent 自动谈判情感决策模型研究 [J]. *运筹与管理*, 2014, 23(2): 133–138.
- DONG Xuejie, JIANG Guorui, HUANG Tiyan. Research on emotional decision model of multi-agent negotiation[J]. *Operations research and management science*, 2014, 23(2): 133–138.
- [15] 伍京华, 许陈颖, 张富娟. 基于 Agent 的情感劝说的合作主体选择模型 [J]. *管理工程学报*, 2019, 33(1): 230–237.
- WU Jinghua, XU Chenying, ZHANG Fujuan. Agent-based emotional persuasive cooperative subject selection model[J]. *Journal of industrial engineering and engineering management*, 2019, 33(1): 230–237.
- [16] JAIN P, DAHIYA D. An intelligent multi agent framework for E-commerce using case based reasoning and argumentation for negotiation[C]//*Proceedings of the 6th International Conference on Information Systems, Technology and Management*. Grenoble, France, 2012: 164–175.
- [17] ADAM M T P, TEUBNER T, GIMPEL H. No rage against the machine: how computer agents mitigate human emotional processes in electronic negotiations[J]. *Group decision and negotiation*, 2018, 27(4): 543–571.
- [18] MARCO J P, ARBELOA F J S, BAGDASARI E C. Combining cognition and emotion in virtual agents[J]. *Kybernetes*, 2017, 46(6): 933–946.
- [19] DECAROLIS B, MAZZOTTA I. A user adaptive persuasive system based on ‘a rational’ theory[J]. *International journal of human-computer studies*, 2017, 108: 70–88.
- [20] 汪矿. 基于情感强度感知的动态信任评估机制研究 [D]. 南京: 南京邮电大学, 2016, 16–17.
- WANG Kuang. Dynamic trust evaluation mechanism based on perception of affective intensity[D]. Nanjing: Nanjing University of Posts and Telecommunications, 2016: 16–17.
- [21] 伍京华, 张富娟, 许陈颖. 基于 Agent 的情感劝说的信任识别模型研究 [J]. *管理工程学报*, 2019, 33(2): 219–226.
- WU Jinghua, ZHANG Fujuan, XU Chenying. Research on trust recognition model of emotional persuasion based on Agent[J]. *Journal of industrial engineering and engineering management*, 2019, 33(2): 219–226.
- [22] 吴鹏, 李婷, 仝冲, 等. 基于 OCC 模型和 LSTM 模型的财经微博文本情感分类研究 [J]. *情报学报*, 2020, 39(1): 81–89.
- WU Peng, LI Ting, TONG Chong, et al. Sentiment classification of financial microblog text based on the model of OCC and LSTM[J]. *Journal of the China society for scientific and technical information*, 2020, 39(1): 81–89.
- [23] 孙泽华, 丁倩. 基于神经网络模型的自助式劳务定价规律探析 [J]. *当代经济*, 2018(14): 146–148.
- SUN Zehua, DING Qian. Analysis of self-service labor pricing based on neural network model[J]. *Contemporary economics*, 2018(14): 146–148.
- [24] 韩中庚. 非线性连续型效用函数的构造方法及其应用 [C]//*第四届全国决策科学/多目标决策研讨会论文集*, 杭州, 中国, 2007: 263–267.
- HANG Zhonggeng. Construction method of nonlinear continuous utility function and its application[C]//*Proceedings of the 4th National Decision-making Science/Multi-objective Decision-making Seminar*. Hangzhou: Chinese Operational Research Society, 2007: 263–267.
- [25] LI Bingjun, LI Xiaolu. Research on the relationship between corporate social responsibility and financial performance based on grey correlation analysis: taking the smartphone company as an example[J]. *Open journal of applied sciences*, 2018, 8(9): 431–440.
- [26] 李俊杰, 程婉静, 梁媚, 等. 基于熵权-层次分析法的中国现代煤化工行业可持续发展综合评价 [J]. *化工进展*, 2020, 39(4): 1329–1338.
- LI Junjie, CHENG Wanqing, LIANG Mei, et al. Comprehensive evaluation on sustainable development of China's advanced coal to chemicals industry based on EWM-AHP[J]. *Chemical industry and engineering progress*, 2020, 39(4): 1329–1338.
- [27] 仲鑫恺. 基于熵权和灰色关联分析法确立 PPP 项目审计重点的研究 [D]. 福州: 福建工程学院, 2018: 16–18.
- ZHONG Xinkai. The research on PPP project audit focus based on entropy weight and the grey relational analysis method[J]. Fuzhou: Fujian University of Technology, 2018: 16–18.
- [28] SREEJITH S, PRIYADARSHINI A, CHAGANTI P K.



- Multi-objective optimization of surface roughness and residual stress in turning using grey relation analysis[J]. Materials today: proceedings, 2020, 26: 2862–2868.
- [29] GONG Wei, WANG Nan, ZHANG Na, et al. Water resistance and a comprehensive evaluation model of magnesium oxychloride cement concrete based on Taguchi and entropy weight method[J]. Construction and building materials, 2020, 260: 119817.
- [30] SHENG Yin, HU Wenting, ZHU Xianjun. Trust-based agent evaluation in collaborative systems[C]//Proceedings of the 14th Trust-Based Agent Evaluation in Collaborative Systems. Kunming, China, 2019: 287–296.
- [31] RAMCHURN S D, JENNINGS N R, SIERRA C, et al. Devising a trust model for multi-agent interactions using confidence and reputation[J]. Applied artificial intelligence, 2004, 18(9/10): 833–852.
- [32] 刘鹏, 王莉芳, 许燕. 基于“专家打分法”的 DEA 交叉效率聚集方法 [J]. 科技管理研究, 2019, 39(2): 248–253.
- LIU Peng, WANG Lifang, XU Yan. DEA cross-efficiency aggregation method based upon expert scoring[J]. Science and technology management research, 2019, 39(2): 248–253.
- [33] 赵腾, 杨世忠. 熵权 TOPSIS 法在企业财务风险评价中的应用——以酒鬼酒公司为例 [J]. 财会月刊, 2019(3): 9–16.
- ZHAO Teng, YANG Shizhong. Application of entropy weight-TOPSIS in financial risk assessment of enterprises -- a case study of Jiugui companies[J]. Finance and accounting monthly, 2019(3): 9–16.

#### 作者简介:



伍京华, 副教授, 博士生导师, CAAI 终身会员、CCF 高级会员, 主要研究方向为商务智能、管理信息系统、决策支持系统、基于 Agent 的理论与方法。主持国家自然科学基金面上项目 1 项, 横向课题多项。发表学术论文 40 余篇, 出版学术专著 2 部。



王凯欣, 硕士研究生, 主要研究方向为管理信息系统。曾获美国大学生数学建模竞赛二等奖。

## 2021 中国粒计算与知识发现学术会议

### 2021 China Granular Computing and Knowledge Discovery Conference

由中国人工智能学会主办、中国人工智能学会粒计算与知识发现专委会协办、国际粗糙集学会支持, 华东交通大学承办的 2021 年中国粒计算与知识发现学术会议(第 21 届中国粗糙集与软计算学术会议、第 15 届中国粒计算学术会议、第 9 届三支决策学术会议)将于 2021 年 8 月 20–22 日在“英雄城——江西南昌”召开。现将会议有关征文事宜通知如下, 热忱欢迎相关研究人员踊跃投稿并参会。

#### 征文范围(包括但不限于):

1) 粗糙集与软计算; 2) 粒计算理论及其应用; 3) 三支决策模型与分析; 4) 知识发现与数据挖掘。

#### 重要日期:

投稿截止日期: 2021 年 3 月 25 日

录用通知日期: 2021 年 6 月 10 日

终稿提交日期: 2021 年 6 月 25 日

会议举办日期: 2021 年 8 月 20–22 日

投稿要求及详情参见网址: <https://easychair.org/conferences/?conf=cgckd2021>

#### 投稿与会务咨询:

钱老师(13775075661); 余老师(13755776891)

会务邮箱: [cgckd2021@163.com](mailto:cgckd2021@163.com)

通信地址: 江西省南昌市双港东大街 808 号华东交通大学软件学院(330013)

会议网站: <http://cgckd2021.ecjtu.edu.cn>