



基于异质信息的被执行人的评估决策问题研究

赵敬华, 张艳, 张维, 林杰

引用本文:

赵敬华,张艳,张维,林杰. 基于异质信息的被执行人的评估决策问题研究[J]. 控制与决策, 2023, 38(12): 3562–3570.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2022.0635>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

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>

不确定语言信息下的大规模群体DEMATEL决策方法

Large-scale group DEMATEL decision making method under uncertain linguistic information
控制与决策. 2021, 36(8): 2023–2033 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1486>

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>

基于前景理论和模糊理论的在线多属性采购拍卖 供应商选择决策

Decision method of supplier selection for online multi-attribute procurement auction based on prospect theory and fuzzy theory
控制与决策. 2020, 35(11): 2637–2645 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2018.1768>

基于异质信息的被执行人的评估决策问题研究

赵敬华^{1†}, 张艳¹, 张维¹, 林杰²

(1. 上海理工大学 管理学院, 上海 200093; 2. 同济大学 经济与管理学院, 上海 200092)

摘要: 针对异质信息下被执行人财产隐匿行为甄别评估问题, 考虑到被执行人评价指标关联性和执行人员的心理行为, 提出一种基于复杂网络和前景理论的异质多属性决策方法. 首先, 对被执行人进行定量与定性分析, 建立被执行人多维评价指标体系, 进而利用复杂网络确定评价指标的权重; 然后, 考虑到被执行人评价指标的异质性, 评价指标信息采用精确数、语言变量、概率语言等异质信息表示, 在此基础上考虑决策者心理行为, 利用前景理论计算各个被执行人的前景值, 确定重点查控对象; 最后, 通过具体案例验证所提出方法的有效性和可行性, 切实推动解决“执行难”问题, 并为解决具有异质信息的实际管理决策问题提供新思路和新方法.

关键词: 被执行人; 异质多属性决策; 前景理论; 复杂网络; 概率语言术语集

中图分类号: C934

文献标志码: A

DOI: 10.13195/j.kzyjc.2022.0635

引用格式: 赵敬华, 张艳, 张维, 等. 基于异质信息的被执行人的评估决策问题研究[J]. 控制与决策, 2023, 38(12): 3562-3570.

Evaluation decision method of person subjected to execution with heterogeneous information

ZHAO Jing-hua^{1†}, ZHANG Yan¹, ZHANG Wei¹, LIN Jie²

(1. Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China; 2. School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: A heterogeneous multi-attribute decision making method is proposed based on the complex network and prospect theory, which is to solve the evaluation of the person subject to execution with heterogeneous information, considering interaction of criteria and the psychological behavior of decision makers. Firstly, the quantitative and qualitative analysis of the person subject to execution is carried out to establish the multidimensional evaluation system, then the weight of the evaluation criteria is determined by the complex network. Secondly, considering the heterogeneity of the evaluation information, it is represented by exact number, language variable and probabilistic linguistic. On this basis, considering the decision maker's psychological behavior, the prospect theory is used to calculate the prospect value of the person subject to execution and determine the key objects of investigation and control. Finally, the effectiveness and feasibility of the proposed method are verified by a specific case, which can effectively promote the solution of the “difficulty in execution”, providing a new method to solve the practical management decision problems with heterogeneous information.

Keywords: the person subjected to execution; heterogeneous multi-attribute decision making; prospect theory; complex network; probabilistic linguistic term sets

0 引言

近年来,我国被执行人不择手段隐瞒财产以此规避法律文书的现象接连不断,这严重波及到人民的合法权益,并妨碍了司法执行的顺利开展,“执行难”问题极大地影响了我国司法权威及司法公信力.对此,许多学者进行了研究.林杰等^[1]通过建立被执行

人多维数据画像系统模型帮助法官挖掘被执行人隐匿涉案财物.陈杭平^[2]将欧洲五国家在差异性和共性上进行归纳比较,提出分阶段的内外分权的方法促进“执行难”“执行乱”问题的解决.于龙刚^[3]从生态视角研究法院执行,分析执行难的发生原因、困境和不足,进而提出“切实解决执行难”的对策建议.曾

收稿日期: 2022-04-18; 录用日期: 2022-07-06.

基金项目: 上海市“科技创新行动计划”软科学研究项目(22692108400).

责任编辑: 李登峰.

[†]通讯作者. E-mail: zhaojinghua@usst.edu.cn.

*本文附带电子附录文件,可登录本刊官网该文“资源附件”区自行下载阅览.

祥生^[4]分析了无财产案件执行管理机制的困境与挑战,提出了关于无财产案件的执行、管理及退出等制度。杨淑霞等^[5]探究了司法执行应用大数据的必要性并对司法执行所需大数据采集进行分析,设想如何在大数据背景下对司法执行进行创新。现有文献对于司法执行难问题的研究大多集中在讨论执行难的原因、困境和不足、解决措施等,而对于被执行人的分析很少用科学的理论和决策方法进行研究。同时,在司法实践中,有大量的被执行人通过转移、隐匿财产来规避执行法律文书。这不单增加了执行工作难度,影响了工作效率,也践踏了司法权威及公信力。因此,有必要在司法执行难的背景下,对被执行人财产隐匿行为进行甄别评估,判断其执法的可能性。通过这种方式,不仅可以快速判断重点监控对象,也能减轻执行人员的工作压力进而提高工作质效。

对被执行人的评估涉及到多个属性,其本质上可视为一个多属性决策问题。多属性决策(multi-attribute decision making, MADM)综合考虑了备选方案的多个属性,决策者可以依据属性进行评价以选择最优方案^[6]。在一般的多属性决策问题中,决策者往往利用单一方法进行评价,如精确数、区间数^[7]、直觉模糊^[8]、犹豫模糊^[9]、三角模糊^[10]等。但在执行难背景下,由于被执行人的复杂性,执行人员在决策过程中难以用同一种方法对属性评价信息进行描述。为更好地描述当前决策所需要的决策信息,属性评价信息应包含多种信息类型的表达形式,即异质多属性决策^[11]。利用异质多属性决策方法,执行人员可以根据自身所掌握的关键信息、技术和经验等对被执行人进行多特征、多维度的分析,快速做出决策,起到降本提效的作用。

对于异质多属性决策问题,余高峰等^[12]基于后悔理论计算了属性变权向量及各方案的后悔-喜悦值,用于对区域绿色制造水平的评价。谭睿璞等^[13]针对突发事件应急决策问题,提出了基于案例推理的异质多属性决策方法。李延来等^[14]在物流方案选择中考虑到决策者的期望和心理行为影响,提出了在异质信息下基于累积前景理论的决策方法。潘亚虹等^[15]提出了基于Mo-RVIKOR方法的具有混合评价信息的群决策方法。包甜甜等^[16]根据前景理论和证据理论研究了具有不确定性的混合直觉模糊决策问题。郭欢等^[17]在指标权重未知的情况下,提出了基于二元语义一致性的混合多属性灰关联决策方法。

综合来看,以上研究为解决异质多属性决策问题提供了比较好的研究思路以及理论方法,但大多数研究属性权重往往直接给定或者通过离差最大化法等求出,对于属性间存在相互关联性的研究较少;其次,

虽然现有研究也提供了一些考虑个体心理行为的研究,但在属性相互关联情况下考虑决策者心理因素的决策问题有待完善。此外,现有研究成果集中于区域绿色水平评价、突发事件应急决策、物流方案的选址、服务质量测评、供应商的选择、企业竞争力评估等,对于司法执行难背景下的异质多属性决策的研究较少。鉴于此,本文在司法执行难背景下,针对异质信息下被执行人评估问题,提出一种基于复杂网络和前景理论的异质多属性决策方法。最后通过具体案例验证所提出方法的有效性和可行性,切实推动解决“执行难”问题,并为解决具有异质信息的实际管理决策问题提供新思路和新方法。

1 问题描述

考虑在异质信息下对被执行人财产隐匿行为进行甄别评估的决策问题。给出该决策问题的具体描述:设当前有 m 个需要被评估的被执行人, $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ 为被执行人集合, $A_i (i \in I, I = \{1, 2, \dots, m\})$ 为第 i 个被执行人;共有 n 个评价指标, $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ 为评价指标集合, $C_j (j \in J, J = \{1, 2, \dots, n\})$ 为第 j 个评价指标。执行人员利用图论构建评价指标复杂网络图,依据网络图计算各指标的权重向量 $w = [w_1, w_2, \dots, w_n]^T$, w_j 为第 j 个评价指标的权重, $0 \leq w_j \leq 1, \sum_{j=1}^n w_j = 1$ 。执行工作人员根据被执行人的实际情况给出不同评价指标下的评估矩阵 $F = (f_{ij})_{m \times n}$,其中 f_{ij} 为评价指标 C_j 下对被执行人 A_i 的评估值。

本文要解决的问题是:执行工作人员根据所掌握的信息对被执行人财产隐匿行为进行甄别评估,在考虑评价指标关联性以及决策者心理行为的影响下,判断各被执行人执法的可能性,确定重点监控对象,以此减轻执行人员的工作压力进而提高工作效率。

2 预备知识

2.1 异质信息规范化

考虑到评价信息中含有精确数、语言变量、概率语言等不同类型的对决策结果的影响,需要对这些定性与定量指标的评价信息进行规范化处理。

2.1.1 实数型属性的规范化

原始实数型评价指标数据 r_{ij} 经过规范化处理后为 x_{ij} ,有^[18]

$$x_{ij} = \begin{cases} r_{ij}/r_{j \max}, & j \in B_1^b; \\ r_{j \min}/r_{ij}, & j \in B_1^c. \end{cases} \quad (1)$$

其中: $r_{j \max} = \max\{r_{ij} | i = 1, 2, \dots, m\}$, $r_{j \min} = \min\{r_{ij} | i = 1, 2, \dots, m\}$, B_1^b 和 B_1^c 分别为效益型指

标和成本型指标集合. 特别地, 若 $r_{ij} = 0, j \in B_1^c$, 则取 $x_{ij} = 1$.

2.1.2 语言变量型属性的规范化

设 $L = \{l_0, l_1, \dots, l_\tau\}$ 是一个语言术语集, l_{ij} 为语言变量型评价数据, 其规范化^[12]为

$$x_{ij} = \begin{cases} l_{ij}, & j \in B_2^b; \\ \text{Neg}(l_{ij}), & j \in B_2^c. \end{cases} \quad (2)$$

其中 B_2^b 和 B_2^c 分别为效益型和成本型指标集合.

2.1.3 概率语言型属性的规范化

定义1^[19] 设 $L = \{l_\alpha | \alpha = 0, 1, \dots, \tau\}$ 是一个语言术语集, 称 $L(P)$ 为 L 上的一个概率语言术语集, 其表达式为

$$L(p) = \left\{ l^{(k)}(p^{(k)}) | l^{(k)} \in L, k = 1, 2, \dots, \#L(p), \right. \\ \left. p^{(k)} \geq 0, \sum_{k=1}^{\#L(p)} p^{(k)} \leq 1 \right\}. \quad (3)$$

其中: $l^{(k)}(p^{(k)})$ 表示语言术语 $l^{(k)}$ 的概率为 $p^{(k)}$, $\#L(p)$ 为语言术语集中概率不为0的语言术语个数.

定义2^[20] 设 $L = \{l_\alpha | \alpha = 0, 1, \dots, \tau\}$ 为一个语言术语集, $\mathfrak{S} = \{L_i(p) | i = 1, 2, \dots, m\}$ 为概率语言术语集集合, 其中 $L_i(p) = \{l_\varepsilon(p_\varepsilon^i) | \varepsilon \in Z_i\}$, $Z_i \subseteq Z$, $Z = \{0, 1, \dots, \tau\}$. 规范化概率语言术语集定义如下:

1) 若 $\sum_{\varepsilon \in Z_i} p_\varepsilon^i < 1$, 则 $L_i(p)$ 规范化公式为

$$\tilde{L}_i(\tilde{p}) = \{l_\varepsilon(p_\varepsilon^i + \bar{p}^i), l_\kappa(\bar{p}^i) | \varepsilon \in Z_i, \kappa \in (Z \setminus Z_i)\}, \quad (4)$$

其中 $\bar{p}^i = \left(1 - \sum_{\varepsilon \in Z_i} p_\varepsilon^i\right) / (\tau + 1)$.

2) 若 $\sum_{\varepsilon \in Z_i} p_\varepsilon^i = 1$, 令 $\Lambda = Z_1 \cup Z_2 \cup \dots \cup Z_m$, $Z_i^c = \Lambda \setminus Z_i$. 如果 $Z_i \subseteq \Lambda (i = 1, 2, \dots, m)$, 则应在 $\tilde{L}_i(\tilde{p})$ 中增加语言术语集 $L_i^c = \{l_\kappa | \kappa \in Z_i^c\}$ 直到 $Z_i = \Lambda$, 且增加的概率为0.

定义3^[19] 设 $\tilde{L}_i(p) = \{l_\varepsilon^{(k)}(p_\varepsilon^{(k)}) | \varepsilon \in Z_i\}$ 为规范化后的概率语言术语集, $\varepsilon^{(k)}$ 为语言术语 $l^{(k)}$ 下标, 则 $\tilde{L}_i(p)$ 期望函数和方差分别为

$$E(\tilde{L}_i(p)) = s_{\bar{\alpha}}, \quad (5)$$

$$\sigma(\tilde{L}_i(p)) = \sqrt{\sum_{k=1}^{\#L(p)} (p_\varepsilon^{(k)}(\varepsilon^{(k)} / \tau - \bar{\alpha}))^2}. \quad (6)$$

其中: $\bar{\alpha} = \sum_{k=1}^{\#L(p)} \frac{\varepsilon^{(k)}}{\tau} p_\varepsilon^{(k)}$, $k = 1, 2, \dots, \#L(p)$.

假设规范化的两个概率语言术语集为 $\tilde{L}_1(p)$ 和 $\tilde{L}_2(p)$, 其对应的期望值为 $E(\tilde{L}_1(p))$ 、 $E(\tilde{L}_2(p))$, 方差为 $\sigma(\tilde{L}_1(p))$ 、 $\sigma(\tilde{L}_2(p))$. 当 $E(\tilde{L}_1(p)) = E(\tilde{L}_2(p))$ 时, 若 $\sigma(\tilde{L}_1(p)) > \sigma(\tilde{L}_2(p))$, 则 $L_1(p) \prec L_2(p)$; 若 $\sigma(\tilde{L}_1(p))$

$= \sigma(\tilde{L}_2(p))$, 则 $L_1(p) \sim L_2(p)$; 若 $\sigma(\tilde{L}_1(p)) < \sigma(\tilde{L}_2(p))$, 则 $L_1(p) \succ L_2(p)$.

定义4^[20] 设有两个经过规范化处理的概率语言术语集 $\tilde{L}_1(p) = \{l_\varepsilon(p_\varepsilon^1) | \varepsilon \in Z_1\}$, $\tilde{L}_2(p) = \{l_\varepsilon(p_\varepsilon^2) | \varepsilon \in Z_2\}$, $Z_1 = Z_2 = \Lambda$, 用

$$d(\tilde{L}_1(p), \tilde{L}_2(p)) = \sqrt{\frac{1}{\# \Lambda} \sum_{\varepsilon \in \Lambda} \left(\frac{\varepsilon | p_\varepsilon^1 - p_\varepsilon^2 |}{\tau} \right)^2} \quad (7)$$

表示两个概率语言术语集之间的欧氏距离测度. 其中: $\# \Lambda$ 为语言术语集 Λ 中所含元素的个数, ε / τ 为语言术语下标为 ε 的语言等级.

2.2 复杂网络

由于被执行人的复杂性以及狡猾性等使得法官在单一角度下难以对被执行人进行评估, 为了更全面地对被执行人进行评价, 本文选取多个评估指标. 同时, 考虑到各指标间的相互关系, 如被执行人消费水平能够从一定程度上体现其经济现状, 而不同年龄段具有不同的经济水平及消费习惯等, 这些指标间明显是有关联性的. 因此, 本节将复杂网络引入到指标权重的确定, 将每个评价指标作为网络上的一个节点. 若两个指标间有较强的关联性, 则在节点之间画一条无向边, 最终形成一个无向网络图. 处于网络中的各节点存在一定的关系, 但其重要度不同. 为了更加精准地识别评价指标在网络中的重要度, 将网络的局部属性、全局属性和空间位置等方面作为节点权重确定的依据. 设 $V = \{v_1, v_2, \dots, v_N\}$ 为无向网络图中所有节点的集合.

2.2.1 度中心性

度是用来刻画网络分析中节点与周围邻近节点建立直接联系的指标. 定义节点 v_i 的度中心性^[21]为

$$\text{DC}(v_i) = \frac{k_i}{N-1}, \quad (8)$$

其中 k_i 为与节点 v_i 直接相连的节点数量, 即节点 v_i 的度. 度中心性数值越大, 表明该节点与其他节点的关系越密切, 其局部影响力越大.

2.2.2 节点介数属性

介数反映了节点在网络中对信息流动的作用和影响力. 定义节点 v_i 的介数^[22]为

$$C_b(v_i) = \sum_{s \neq i \neq t} \frac{g_{st}(v_i)}{g_{st}}. \quad (9)$$

其中: $g_{st}(v_i)$ 为节点 v_s 与 v_t 之间的最短路径条数, g_{st} 为节点 v_s 与 v_t 之间所有最短路径的总数. 归一化的介数属性值 $\text{BC}(v_i)$ ^[22]为

$$\text{BC}(v_i) = \frac{2C_b(v_i)}{(N-1)(N-2)}. \quad (10)$$

节点的介数体现了节点在网络中所处位置的重要程度. 节点的介数越大, 表明该节点对其他节点的影响

力越大,该节点也就越重要.

2.2.3 接近中心性属性

接近中心性属性是指节点 v_i 到网络其他所有节点距离之和的倒数. 节点 v_i 接近中心性属性值^[22]为

$$CC(v_i) = (N-1) / \sum_{j=1}^N d_{ij}, \quad (11)$$

其中 d_{ij} 为网络中节点 v_i 到节点 v_j 的最短距离. 节点接近中心性的值越大,表明节点越居于网络的中心位置,则该节点就越重要.

2.2.4 结构洞

Burt^[23]认为,在网络中若两个个体或群体间不直接发生联系,且无间接冗余关系,则阻碍两者联系的即为结构洞. 为度量网络节点形成结构洞时受到的约束, Burt提出利用网络约束系数对结构洞进行测度. 节点 v_i 的网络约束系数 $C(v_i)$ 为

$$C(v_i) = \sum_t \left(P_{st} + \sum_{i \neq s \neq t} P_{si} P_{it} \right)^2. \quad (12)$$

其中: v_i 为节点 v_s 与 v_t 的间接节点, P_{st} 为节点 v_s 花费在节点 v_t 上的时间占其总时间的比例. 网络约束系数 $C(v_i)$ 越小,结构洞程度越大,意味着该节点的位置越重要,影响力也越大.

2.2.5 基于复杂网络的权重确定方法

复杂网络中不同网络属性从不同角度描述了不同节点的重要性,但仅靠单一属性值进行判断较为片面. 为使被执行人评价指标权重更合理有效,将度中心性、介数、接近中心性、结构洞这4种网络属性值进行融合,从不同方面进行综合考虑. 设 μ_k 为第 k 种网络属性的权重,满足 $\sum_{k=1}^h \mu_k = 1, 0 \leq \mu_k \leq 1, k = 1, 2, \dots, h$, λ_{jk} 为第 j 个评价指标的第 k 个网络属性值,则各评价指标的重要度为

$$W_j = \sum_{k=1}^h \mu_k \lambda_{jk}. \quad (13)$$

将各评价指标的重要度 W_j 进行归一化处理,得到被执行人各评价指标的权重为

$$w_j = W_j / \sum_{j=1}^n W_j. \quad (14)$$

其中: $0 \leq w_j \leq 1, \sum_{j=1}^n w_j = 1$.

2.3 前景理论

Tversky等^[24]提出的前景理论可以反映决策者的心理行为,为了更好地描述执行人员对被执行人评估时复杂的心理行为,将前景理论引入到对被执行人排序优选中. 前景理论的核心为前景价值,由“价值

函数”和“权重函数”共同决定,其表达式为

$$V(x_i) = \sum_{j=1}^n v(x_{ij}) \varphi(p_j). \quad (15)$$

其中: $V(x_i)$ 为综合前景价值; $v(x_{ij})$ 为前景价值函数,表示决策者对客观价值的心理感知,具体形式为

$$v(x_{ij}) = \begin{cases} -\theta(d(x_{ij}, x_0))^\beta, & x_{ij} - x_0 < 0; \\ d(x_{ij}, x_0)^\alpha, & x_{ij} - x_0 \geq 0. \end{cases} \quad (16)$$

这里: x_{ij} 为指标 C_j 下关于被执行人 A_i 的评估值; x_0 为参考点; $d(x_{ij}, x_0)$ 为 x_{ij} 与参考点 x_0 之间的距离测度; θ 为损失规避系数,满足 $\theta > 0, \theta > 1$ 表示决策者对损失更加敏感; α, β 为价值函数的凹凸程度,分别代表决策者对于价值函数收益和损失的不同风险态度,且满足 $0 < \alpha, \beta < 1, \alpha, \beta$ 值越大,决策者越倾向于冒险.

$\varphi(p_j)$ 为权重函数,表示决策者对客观概率的主观评价,其具体形式为

$$\varphi(p_j) = \begin{cases} \frac{w_j^\delta}{[w_j^\delta + (1 - w_j)^\delta]^{1/\delta}}, & x_{ij} - x_0 < 0; \\ \frac{w_j^\gamma}{[w_j^\gamma + (1 - w_j)^\gamma]^{1/\gamma}}, & x_{ij} - x_0 \geq 0. \end{cases} \quad (17)$$

其中: γ, δ 为概率权重函数的凹凸程度,用于度量决策者对于概率权重函数收益和损失的不同态度,满足 $0 < \gamma, \delta < 1; w_j$ 为评价指标的权重.

2.4 异质信息损益值

为了更好地进行被执行人之间的比较,选取2个参考点,称为异质信息的正、负理想解. 设 $x^+ = \{x_1^+, x_2^+, \dots, x_n^+\}$ 为异质信息的正理想解集,有

$$x_j^+ = \begin{cases} r_j^+, & j \in B_1; \\ l_j^+ \in l_h, & j \in B_2; \\ L_j^+ \in L_h, & j \in B_3. \end{cases} \quad (18)$$

其中

$$r_j^+ = \max_{i \in I} \{r_{ij}\}, l_j^+ = \max_{i \in I} \{l_{ij}\}, L_j^+ = \max_{i \in I} \{L_{ij}(p)\}.$$

设 $x^- = \{x_1^-, x_2^-, \dots, x_n^-\}$ 为异质信息的负理想解集,有

$$x_j^- = \begin{cases} r_j^-, & j \in B_1; \\ l_j^- \in l_h, & j \in B_2; \\ L_j^- \in L_h, & j \in B_3. \end{cases} \quad (19)$$

其中

$$r_j^- = \min_{i \in I} \{r_{ij}\}, l_j^- = \min_{i \in I} \{l_{ij}\}, L_j^- = \min_{i \in I} \{L_{ij}(p)\}.$$

设 $d(x_{ij}, x_j^+)$ 为 x_{ij} 与正理想解 x_j^+ 的距离,则有

$$d(x_{ij}, x_j^+) =$$

$$\begin{cases} (r_{ij} - r_j^+)^2, j \in B_1; \\ \frac{1}{L^2}(\Delta^{-1}(x_{ij}) - \Delta^{-1}(x^+))^2, j \in B_2; \\ \sqrt{\frac{1}{\#A} \sum_{\varepsilon \in A} \left(\frac{\varepsilon |p_{ij}^{(\varepsilon)} - p_j^{+(\varepsilon)}|}{\tau} \right)^2}, j \in B_3. \end{cases} \quad (20)$$

设 $d(x_{ij}, x_j^-)$ 为 x_{ij} 与负理想解 x_j^- 的距离,则有

$$d(x_{ij}, x_j^-) = \begin{cases} (r_{ij} - r_j^-)^2, j \in B_1; \\ \frac{1}{L^2}(\Delta^{-1}(x_{ij}) - \Delta^{-1}(x^-))^2, j \in B_2; \\ \sqrt{\frac{1}{\#A} \sum_{\varepsilon \in A} \left(\frac{\varepsilon |p_{ij}^{(\varepsilon)} - p_j^{-(\varepsilon)}|}{\tau} \right)^2}, j \in B_3. \end{cases} \quad (21)$$

基于以上分析,执行人员对被执行人执法可能性的评估步骤如下.

- step 1: 建立被执行人多维评价指标体系.
- step 2: 执行工作人员对被执行人进行定量与定性评价,构建初始决策矩阵,利用式(1)和(2)以及定义2将异质信息进行规范化处理.
- step 3: 利用图论构建评价指标复杂网络图 G ,通过网络属性衡量评价指标的重要度,进而得到各指标权重向量 w .
- step 4: 根据式(15)~(21)计算各个被执行人的综合前景函数.

step 5: 对各被执行人的前景值进行排序,辅助执行人员迅速锁定重点监控对象.

3 案例分析

假设现有4个被执行人 $A = \{A_1, A_2, A_3, A_4\}$,但执行人员配备不足且存在查人找物的难处.为快速锁定重点被执行人,执行法院需要对被执行人的执法可能性进行评估,判断哪些被执行人更有可能完成法律文书,哪些人更有可能隐匿财产而逃避法律.一方面以防止被执行人拖延执行,另一方面帮助法院提高办事效率.故现对各被执行人从案件基本事实以及被执行人的社会、经济、信用属性4个方面构建被执行人多维评价指标体系,其中基本事实包括涉案金额 C_1 (单位:万元)、执行标的 C_2 (单位:万元);社会属性包括年龄 C_3 、性别 C_4 、学历 C_5 、地域 C_6 、工作 C_7 ;经济属性包括收入水平 C_8 、资产形态 C_9 、消费水平 C_{10} 、交易行为 C_{11} ;信用属性包括个人征信 C_{12} 和司法诉讼 C_{13} . C_1 、 C_2 、 C_3 、 C_4 采用精确数表示, C_5 用语言变量表示,其余均用概率语言表示.使用的语言变量及概率语言术语集如表1所示.具体步骤如下.

- step 1: 执行工作人员由评价指标体系及其对应的数据类型给出关于被执行人的评价矩阵,如表2所示.然后利用式(1)、(2)及定义2进行规范化处理.
- step 2: 执行人员利用图论构建评价指标复杂网络图,最终的评价指标网络如图1所示.

表1 语言变量对应含义

语言变量	l_0	l_1	l_2	l_3	l_4
学历 C_5	高中及以下	大专	本科	硕士	博士及以上
地域 C_6	经济不发达	经济较不发达	中等	经济较发达	经济发达
工作 C_7	不稳定	较不稳定	中等	较稳定	稳定
收入水平 C_8	非常低	较低	一般	较高	非常高
资产形态 C_9	很多	多	一般	少	很少
消费水平 C_{10}	非常高	较高	一般	较低	非常低
交易行为 C_{11}	风险偏好高	风险偏好低	中等	风险规避低	风险规避高
个人征信 C_{12}	很差	差	一般	好	很好
司法诉讼 C_{13}	很多	多	一般	少	很少

表2 被执行人初始评估矩阵

	A_1	A_2	A_3	A_4
C_1	540	2 416	2 896	6 170
C_2	5.5	1 854	149	5 458
C_3	53	49	41	42
C_4	1	1	1	0
C_5	l_2	l_1	l_2	l_3
C_6	$\{l_2(0.2), l_4(0.8)\}$	$\{l_3(0.4), l_4(0.6)\}$	$\{l_2(0.1), l_3(0.9)\}$	$\{l_2(0.6), l_3(0.4)\}$
C_7	$\{l_2(0.2), l_3(0.8)\}$	$\{l_1(0.9), l_3(0.1)\}$	$\{l_2(0.7), l_3(0.3)\}$	$\{l_1(0.4), l_2(0.6)\}$
C_8	$\{l_1(0.6), l_2(0.4)\}$	$\{l_0(0.3), l_2(0.6)\}$	$\{l_1(0.7), l_2(0.3)\}$	$\{l_1(0.9), l_2(0.1)\}$
C_9	$\{l_0(0.3), l_1(0.6)\}$	$\{l_0(0.8), l_2(0.2)\}$	$\{l_2(0.6), l_3(0.4)\}$	$\{l_3(0.7), l_4(0.3)\}$
C_{10}	$\{l_2(0.8), l_3(0.1)\}$	$\{l_2(0.3), l_3(0.7)\}$	$\{l_2(0.7), l_3(0.2)\}$	$\{l_1(0.6), l_2(0.4)\}$
C_{11}	$\{l_2(0.2), l_3(0.7)\}$	$\{l_0(0.7), l_2(0.3)\}$	$\{l_1(0.5), l_2(0.5)\}$	$\{l_1(0.7), l_2(0.3)\}$
C_{12}	$\{l_1(0.3), l_2(0.6)\}$	$\{l_2(0.7), l_3(0.2)\}$	$\{l_0(0.4), l_1(0.5)\}$	$\{l_1(0.8), l_2(0.2)\}$
C_{13}	$\{l_2(0.2), l_3(0.8)\}$	$\{l_0(0.9), l_2(0.1)\}$	$\{l_0(0.5), l_1(0.4)\}$	$\{l_0(0.7), l_2(0.2)\}$

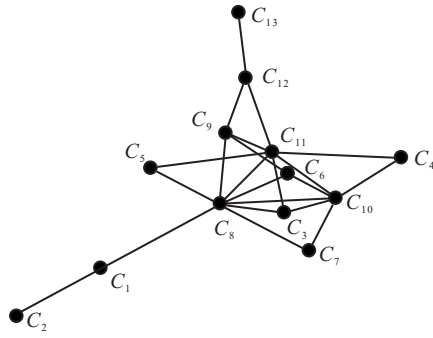


图1 评价指标网络图

step 3: 由图1和式(8)~(12), 利用Matlab得到各指标节点的4种网络属性值. 参考文献[21]取 $\mu(\text{DC}) = 0.1$, $\mu(\text{BC}) = 0.5$, $\mu(\text{CC}) = 0.2$, $\mu(C) = 0.2$, 其中结构洞 C 属于成本型属性, 利用式(1)将其规范化处理. 通过式(13)计算所有网络属性下评价指标的综合值, 并利用式(14)对其进行归一化处理, 得到评价指标权重

$$w = [0.088, 0.030, 0.053, 0.045, 0.047, 0.057, 0.045, 0.187, 0.084, 0.095, 0.144, 0.095, 0.030]^T.$$

step 4: 由式(18)和(19)求出规范化后的决策矩阵正理想解 x^+ 和负理想解 x^- 分别为

$$\begin{aligned} x^+ = & [1, 1, 1, 1, l_3, \{l_0(0), l_1(0), l_2(0), l_3(0.4), l_4(0.6)\}, \\ & \{l_0(0), l_1(0), l_2(0.2), l_3(0.8), l_4(0)\}, \\ & \{l_0(0), l_1(0.6), l_2(0.4), l_3(0), l_4(0)\}, \\ & \{l_0(0), l_1(0), l_2(0), l_3(0.7), l_4(0.3)\}, \\ & \{l_0(0), l_1(0), l_2(0.3), l_3(0.7), l_4(0)\}, \\ & \{l_0(0.02), l_1(0.02), l_2(0.22), l_3(0.72), l_4(0.02)\}, \\ & \{l_0(0.02), l_1(0.02), l_2(0.72), l_3(0.22), l_4(0.02)\}, \\ & \{l_0(0), l_1(0), l_2(0.2), l_3(0.8), l_4(0)\}]^T; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x^- = & [0.0875, 0.0010, 0.7736, 0, l_1, \\ & \{l_0(0), l_1(0), l_2(0.6), l_3(0.4), l_4(0)\}, \\ & \{l_0(0), l_1(0.9), l_2(0), l_3(0.1), l_4(0)\}, \\ & \{l_0(0), l_1(0.9), l_2(0.1), l_3(0), l_4(0)\}, \\ & \{l_0(0.8), l_1(0), l_2(0.2), l_3(0), l_4(0)\}, \\ & \{l_0(0), l_1(0.6), l_2(0.4), l_3(0), l_4(0)\}, \\ & \{l_0(0.7), l_1(0), l_2(0.3), l_3(0), l_4(0)\}, \\ & \{l_0(0.42), l_1(0.52), l_2(0.02), l_3(0.02), l_4(0.02)\}, \\ & \{l_0(0.9), l_1(0), l_2(0.1), l_3(0), l_4(0)\}]^T. \end{aligned}$$

step 5: 由式(20)和(21)计算正理想解集和负理想解集与规范化后的决策矩阵的距离, 得到正理想

解距离矩阵 D^+ 和负理想解距离矩阵 D^- 分别为

$$\begin{aligned} D^+ = & \begin{bmatrix} 0 & 0.6029 & 0.6618 & 0.8326 \\ 0 & 0.9941 & 0.9275 & 0.9980 \\ 0.0513 & 0.0267 & 0 & 0.0006 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0.0025 & 0.0100 & 0.0025 & 0 \\ 0.1673 & 0 & 0.3172 & 0.3000 \\ 0 & 0.2593 & 0.2016 & 0.2864 \\ 0 & 0.0822 & 0.0250 & 0.0750 \\ 0.2693 & 0.2741 & 0.2148 & 0 \\ 0.2268 & 0 & 0.1866 & 0.2452 \\ 0 & 0.2423 & 0.2553 & 0.2540 \\ 0.0783 & 0 & 0.1792 & 0.1632 \\ 0 & 0.2693 & 0.2690 & 0.2618 \end{bmatrix}, \\ D^- = & \begin{bmatrix} 0.832 & 0.0185 & 0.0098 & 0 \\ 0.9980 & 0 & 0.0013 & 0 \\ 0 & 0.0040 & 0.0513 & 0.0410 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0.0025 & 0 & 0.0025 & 0.0100 \\ 0.3924 & 0.3000 & 0.2016 & 0 \\ 0.2593 & 0 & 0.1978 & 0.1492 \\ 0.0750 & 0.1527 & 0.0500 & 0 \\ 0.0809 & 0 & 0.1612 & 0.2741 \\ 0.1213 & 0.2452 & 0.1219 & 0 \\ 0.2423 & 0 & 0.0716 & 0.0783 \\ 0.1360 & 0.1792 & 0 & 0.0522 \\ 0.2693 & 0 & 0.0515 & 0.0292 \end{bmatrix}. \end{aligned}$$

step 6: 将step 5的结果代入式(16), 根据文献[24-25], 当 $\alpha = \beta = 0.88$, $\theta = 2.25$ 时更加符合决策者心理行为. 故本文取 $\alpha = \beta = 0.88$, $\theta = 2.25$, 得到负前景值价值函数和正前景值价值函数分别为

$$\begin{aligned} v^-(d_{ij}^+) = & \begin{bmatrix} 0 & -1.4415 & -1.5648 & -1.9150 \\ 0 & -2.2383 & -2.1059 & -2.2460 \\ -0.1647 & -0.0927 & 0 & -0.0031 \\ -2.2500 & -2.2500 & -2.2500 & 0 \\ -0.0115 & -0.0391 & -0.0115 & 0 \\ -0.4665 & 0 & -0.8191 & -0.7799 \\ 0 & -0.6860 & -0.5497 & -0.7487 \\ 0 & -0.2496 & -0.0876 & -0.2303 \\ -0.7092 & -0.7203 & -0.5813 & 0 \\ -0.6097 & 0 & -0.5136 & -0.6531 \\ 0 & -0.6463 & -0.6767 & -0.6737 \\ -0.2392 & 0 & -0.4956 & -0.4564 \\ 0 & -0.7092 & -0.7085 & -0.6918 \end{bmatrix}, \end{aligned}$$

$$v^+(d_{ij}^-) = \begin{bmatrix} 0.8511 & 0.0299 & 0.0171 & 0 \\ 0.9982 & 0 & 0.0029 & 0 \\ 0 & 0.0077 & 0.0732 & 0.0602 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0.0051 & 0 & 0.0051 & 0.0174 \\ 0.4390 & 0.3466 & 0.2443 & 0 \\ 0.3049 & 0 & 0.2403 & 0.1875 \\ 0.1023 & 0.1913 & 0.0716 & 0 \\ 0.1094 & 0 & 0.2007 & 0.3202 \\ 0.1562 & 0.2903 & 0.1569 & 0 \\ 0.2872 & 0 & 0.0982 & 0.1063 \\ 0.1728 & 0.2203 & 0 & 0.0744 \\ 0.3152 & 0 & 0.0735 & 0.0446 \end{bmatrix}.$$

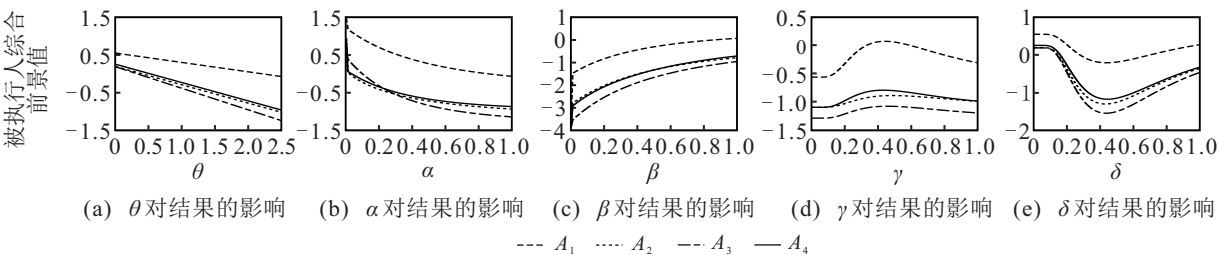


图 2 参数敏感性分析

由图2(a)、(d)、(e)可见,无论 θ 、 γ 、 δ 如何变化,被执行人执法可能性排序结果均保持一致,这在一定程度上表明了决策结果的稳定性.同时依据前景理论,当 $\theta > 1$ 时决策者对损失更敏感,更符合大多数人的心理行为;并且随着 θ 的增大,各被执行人的区分度也相对更大,更有利于决策者做出选择. γ 、 δ 是确定概率权重函数时执行工作人员面对收益和损失的不同态度,相同的排序结果表明此时决策者的风险态度对决策结果的影响极低.但由图2可见,不同 γ 、 δ 的取值也会影响各被执行人之间的区分度.因此,决策者可利用区分度上的差异,进一步确定对被执行人的监控程度及处置措施等.

图2(b)、(c)表示在确定价值函数时风险态度系数 α 和 β 对被执行人综合前景值排序的影响.可以看出,最有可能执行法律文书的均是被执行人 A_1 ,而被执行人 A_2 、 A_3 、 A_4 排序略有变化.经分析, α 表示面临收益时的风险态度系数,由文献[26]可知,小概率

step 7: 利用式(15)和(17)得到被执行人综合前景值 $V = \{-0.0101, -0.8993, -1.0984, -0.8395\}$.依据文献[24-25],取 $\gamma = 0.61, \delta = 0.69$.

step 8: 由step 7中各被执行人综合前景值,得到被执行人执行法律文书可能性大小为 $A_1 \succ A_4 \succ A_2 \succ A_3$.即 A_1 更可能执行法律文书,而 A_3 执法可能性最小,更有可能存在财产隐匿行为,需重点关注.

3.1 灵敏度分析

为研究前景理论中不同参数对最终评估结果的影响,在 $\theta = 2.25, \alpha = \beta = 0.88, \gamma = 0.61, \delta = 0.69$ 的基础上,分别对参数 θ 、 α 、 β 、 γ 、 δ 进行敏感性分析,结果如图2所示.

时决策者是风险寻求的.本文所求评价指标权重均小于0.2,相当于是小概率事件,而随着 α 的增大,决策者倾向于风险寻求,排序结果逐渐趋于稳定.这在一定程度上表明了本文方法的合理性. β 表示面临损失时执行人员的风险态度系数,随着 β 的递增,决策者倾向于冒险,被执行人 A_2 、 A_4 的排序发生变动.这意味着在面临损失时,执行人员的风险态度对排序结果有重要的影响.

综上,执行人员在决策中不同的风险态度对结果有不同程度的影响,其可根据自身偏好选择适当的参数,得到各被执行人的评估值.利用该值确定需重点监控的被执行人,辅助其制定方案,以防止被执行人通过各种手段隐匿财产逃避法律文书的执行.

3.2 比较分析

为表明所提出方法的合理性和有效性,将其与熵值法求权重和PROMETHEE II排序方法^[22]进行对比,结果如表3所示.

表 3 不同方法对比分析

方法	各个被执行人				被执行人执法可能性排序
	A_1	A_2	A_3	A_4	
复杂网络+PROMETHEE II ^[22]	0.7576	-0.4714	-0.1657	-0.1206	$A_1 \succ A_4 \succ A_3 \succ A_2$
熵权法+前景理论	-0.2993	-2.0361	-2.0073	-0.9055	$A_1 \succ A_4 \succ A_3 \succ A_2$
本文方法(复杂网络+前景理论)	-0.0101	-0.8993	-1.0984	-0.8395	$A_1 \succ A_4 \succ A_2 \succ A_3$

由表3可以看出,本文与熵值法求权重和文献[22]被执行人 A_1 、 A_4 最终排序结果一致,表明本文方法的合理性。 A_3 与 A_2 排序结果不一致,造成这种差异的原因一方面在于熵值法求权重依赖于决策者的评价信息,进而得到其客观权重,但该方法并未考虑被执行人评价指标间相互关联性。而本文基于复杂网络的理论,从网络的局部、全局及空间位置属性等方面充分考虑到了评价指标的关联性,更加精准地确定指标权重。譬如,利用复杂网络方法赋予较大权重的指标是收入水平(C_8)和交易行为(C_{11}),收入水平的高低及稳定性直接决定了被执行人的偿债能力,交易行为又包含被执行人交易行为特征,可间接判断其是否存在隐匿、转移涉案财产等行为。而利用熵值法所求权重最大两个指标是执行标的(C_2)和性别(C_4),执行标的是被执行人所需给付的内容,这仅是案件的一个基本事实,并不是直接判断被执行人成为老赖的主要因素。此外,虽统计数据显示男性被执行人的占比更大,成为失信被执行人的概率更高,但其并非是决定性因素。因此,本文提出的权重确定方法更符合对被执行人执法评估的情况。另一方面,为体现决策者决策过程的心理行为特征,考虑其面对收益和损失时的不同风险态度。这不仅能够更加全面地反映决策者有限理性的特点,也进一步体现了决策过程的柔性。

此外,所提出的异质多属性决策方法采用了定性分析与定量评估相结合的方法,有利于提高决策的准确性和灵活性,且定性分析时运用了概率语言术语集,可有效表达决策者不确定性及偏好信息。综上所述,所提出的基于复杂网络和前景理论的异质多属性决策方法更加合理有效。

4 结 论

本文针对异质信息下对被执行人执法评估问题,提出了考虑被执行人评价指标关联性以及执行人员的心理行为的决策方法。首先,充分考虑被执行人评价间的重要性,将复杂网络引入到属性权重的求解,使得权重更合理;其次,评价过程综合考虑被执行人评价指标的多维性和异质性以及决策者的不确定性,有效减少了信息的缺失和失真,进一步发展了异质多属性决策方法;再次,将前景理论用于对被执行人的评估中,考虑决策者心理行为对决策的影响,使得评估结果更符合执行人员在处理执行案件过程中的经验;最后,利用被执行人执法案例对所提出模型进行验证分析,探究不同参数对排序结果的影响并与不同方法进行对比分析,以表明所提出方法的有效性和可

行性。

本文的局限性是对于被执行人评价指标体系考虑不全面,未来将进一步完善被执行人评价指标体系,更全面地对被执行人隐匿财产进行甄别评估,并将所提出方法应用于不同领域。

参考文献(References)

- [1] 林杰, 吴双胜, 张振宇. 隐匿涉案财物挖掘的被执行人多维画像系统研究[J]. 系统科学学报, 2021, 29(3): 62-68.
(Lin J, Wu S S, Zhang Z Y. Research on multi-dimensional portrait system of the person involved in concealing the excavated property[J]. Chinese Journal of Systems Science, 2021, 29(3): 62-68.)
- [2] 陈杭平. 比较法视野下的执行权配置模式研究——以解决“执行难”问题为中心[J]. 法学家, 2018(2): 73-87.
(Chen H P. Civil enforcement models in comparative perspective: Focus on solving the problem of “civil enforcement difficulty” [J]. The Jurist, 2018(2): 73-87.)
- [3] 于龙刚. 基层法院的执行生态与非均衡执行[J]. 法学研究, 2020, 42(3): 102-122.
(Yu L G. Enforcement ecology and uneven enforcement in grassroots courts[J]. Chinese Journal of Law, 2020, 42(3): 102-122.)
- [4] 曾祥生. 无财产案件执行管理机制: 困境、改革及其完善[J]. 法学论坛, 2018, 33(3): 149-154.
(Zeng X S. The executive management mechanism of cases without property: Dilemma, reformation and perfection[J]. Legal Forum, 2018, 33(3): 149-154.)
- [5] 杨淑霞, 李磊. 大数据背景下司法执行的创新[J]. 河南社会科学, 2019, 27(9): 38-42.
(Yang S X, Li L. The innovation in judicial execution in the background of big data[J]. Henan Social Sciences, 2019, 27(9): 38-42.)
- [6] Liu X D, Zhu J J, Zhang S T, et al. Integrating LINMAP and TOPSIS methods for hesitant fuzzy multiple attribute decision making[J]. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 2015, 28(1): 257-269.
- [7] 樊治平, 陈发动, 张晓. 考虑决策者心理行为的区间数多属性决策方法[J]. 东北大学学报: 自然科学版, 2011, 32(1): 136-139.
(Fan Z P, Chen F D, Zhang X. Method for interval multiple attribute decision-making considering decision-maker's psychological behavior[J]. Journal of Northeastern University: Natural Science, 2011, 32(1): 136-139.)
- [8] 陈六新, 罗南方. 基于前景理论的勾股模糊多属性决策[J]. 系统工程理论与实践, 2020, 40(3): 726-735.
(Chen L X, Luo N F. Pythagorean fuzzy multi-criteria decision-making based on prospect theory[J]. Systems Engineering—Theory & Practice, 2020, 40(3): 726-735.)
- [9] Gou X J, Xu Z S, Liao H C. Multiple criteria decision

- making based on Bonferroni means with hesitant fuzzy linguistic information[J]. *Soft Computing*, 2017, 21(21): 6515-6529.
- [10] Dong J Y, Wan S P, Chen S M. Fuzzy best-worst method based on triangular fuzzy numbers for multi-criteria decision-making[J]. *Information Sciences*, 2021, 547: 1080-1104.
- [11] Fei L G, Feng Y Q, Wang H L. Modeling heterogeneous multi-attribute emergency decision-making with Dempster-Shafer theory[J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2021, 161: 107633.
- [12] 余高峰, 李登峰, 叶银芳, 等. 考虑后悔规避的异质多属性变权决策方法[J]. *计算机集成制造系统*, 2017, 23(1): 154-161.
(Yu G F, Li D F, Ye Y F, et al. Heterogeneous multi-attribute variable weight decision making method considering regret aversion[J]. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2017, 23(1): 154-161.)
- [13] 谭睿璞, 张文德, 陈圣群, 等. 异质信息环境下基于案例推理的应急决策方法[J]. *控制与决策*, 2020, 35(8): 1966-1976.
(Tan R P, Zhang W D, Chen S Q, et al. Emergency decision-making method based on case-based reasoning in heterogeneous information environment[J]. *Control and Decision*, 2020, 35(8): 1966-1976.)
- [14] 李延来, 应程钰. 基于累积前景理论的物流方案选择方法[J]. *系统管理学报*, 2020, 29(3): 608-615.
(Li Y L, Ying C S. Logistics scheme selection method based on cumulative prospect theory[J]. *Journal of Systems & Management*, 2020, 29(3): 608-615.)
- [15] 潘亚虹, 耿秀丽. 基于Mo-RVIKOR的混合多属性决策方法[J]. *中国管理科学*, 2019, 27(12): 143-151.
(Pan Y H, Geng X L. Hybrid multiple attribute decision making approach based on Mo-RVIKOR[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2019, 27(12): 143-151.)
- [16] 包甜甜, 谢新连, 孟鹏鹏. 基于前景理论和证据推理的混合直觉模糊决策[J]. *系统工程理论与实践*, 2017, 37(2): 460-468.
(Bao T T, Xie X L, Meng P P. Intuitionistic fuzzy hybrid multi-criteria decision making based on prospect theory and evidential reasoning[J]. *Systems Engineering—Theory & Practice*, 2017, 37(2): 460-468.)
- [17] 郭欢, 肖新平, Jeffrey Forrest, 等. 基于二元语义一致性的混合多属性灰关联决策[J]. *控制与决策*, 2014, 29(5): 880-884.
(Guo H, Xiao X P, Forrest J, et al. Method of grey relational analysis based on two-tuple linguistic consistency for hybrid multi-attribute decision-making[J]. *Control and Decision*, 2014, 29(5): 880-884.)
- [18] 张兴贤, 王应明. 一种考虑证据权重和可靠性的混合型多属性群决策方法[J]. *系统科学与数学*, 2021, 41(5): 1305-1327.
(Zhang X X, Wang Y M. A hybrid multi-attribute group decision making method considering evidence weights and reliabilities[J]. *Journal of Systems Science and Mathematical Sciences*, 2021, 41(5): 1305-1327.)
- [19] Pang Q, Wang H, Xu Z S. Probabilistic linguistic term sets in multi-attribute group decision making[J]. *Information Sciences*, 2016, 369: 128-143.
- [20] Teng F, Liu P D. A large group decision-making method based on a generalized Shapley probabilistic linguistic Choquet average operator and the TODIM method[J]. *Computers & Industrial Engineering*, 2021, 151: 106971.
- [21] 于会, 刘尊, 李勇军. 基于多属性决策的复杂网络节点重要性综合评价方法[J]. *物理学报*, 2013, 62(2): 020204.
(Yu H, Liu Z, Li Y J. Key nodes in complex networks identified by multi-attribute decision-making method[J]. *Acta Physica Sinica*, 2013, 62(2): 020204.)
- [22] 耿秀丽, 王婕. 基于复杂网络和偏好顺序结构评估法的产品服务系统设计方案评价[J]. *计算机集成制造系统*, 2019, 25(9): 2324-2333.
(Geng X L, Wang J. Evaluation of product service system design based on complex network and promthee[J]. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, 2019, 25(9): 2324-2333.)
- [23] Burt R S. Structural holes and goodideas[J]. *American Journal of Sociology*, 2004, 110(2): 349-399.
- [24] Tversky A, Kahneman D. Advances in prospect theory: Cumulative representation of uncertainty[J]. *Journal of Risk and Uncertainty*, 1992, 5(4): 297-323.
- [25] Kahneman D, Tversky A. Prospect theory: An analysis of decision under risk[J]. *Economica*, 1979, 47(2): 263-291.
- [26] 曾建敏. 实验检验累积前景理论[J]. *暨南大学学报: 自然科学版*, 2007, 28(1): 44-47.
(Zeng J M. An experimental test on cumulative prospect theory[J]. *Journal of Jinan University: Natural Science Edition*, 2007, 28(1): 44-47.)

作者简介

赵敬华(1984—), 女, 副教授, 博士, 从事管理决策分析、互动创新等研究, E-mail: zhaojinghua@usst.edu.cn;

张艳(1998—), 女, 硕士生, 从事管理决策分析的研究, E-mail: 202671061@st.usst.edu.cn;

张维(1997—), 女, 硕士生, 从事管理决策分析的研究, E-mail: 202671067@st.usst.edu.cn;

林杰(1967—), 男, 教授, 博士生导师, 从事决策支持系统、供应链优化与仿真、数据挖掘等研究, E-mail: jielinf@163.com.