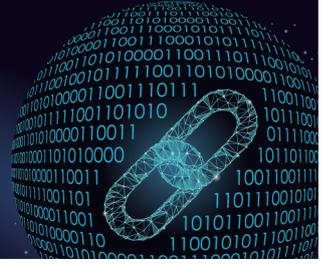




中国科技期刊卓越行动计划项目入选期刊

# 控制与决策

CONTROL AND DECISION



## 异质信息环境下基于案例推理和灰色关联分析的 多属性决策方法

赵敬华, 施佳, 张艳, 林杰

引用本文:

赵敬华, 施佳, 张艳, 林杰. 异质信息环境下基于案例推理和灰色关联分析的 多属性决策方法[J]. 控制与决策, 2024, 39(10): 3479–3487.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2023.0956>

### 您可能感兴趣的其他文章

#### Articles you may be interested in

##### [考虑决策者心理行为的灰色多属性群体决策方法](#)

Grey multi-attribute group decision making method with consideration of psychological behavior of decision makers  
控制与决策. 2021, 36(7): 1779–1785 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1621>

##### [区间条件下基于GRA和TOPSIS的辐射源威胁评估](#)

Combining TOPSIS and GRA for emitter threat evaluation with interval number  
控制与决策. 2021, 36(6): 1516–1522 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1559>

##### [大群体应急决策中考虑属性关联的偏好信息融合方法](#)

Preference information fusion method of large groups emergency decision-making based on attributes association  
控制与决策. 2021, 36(10): 2537–2546 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2020.0117>

##### [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>

##### [概率区间值直觉犹豫模糊Maclaurin对称平均算子及决策方法](#)

Probabilistic interval-valued intuitionistic hesitant fuzzy Maclaurin symmetric mean operators and decision method  
控制与决策. 2021, 36(5): 1249–1258 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1370>

# 异质信息环境下基于案例推理和灰色关联分析的多属性决策方法

赵敬华<sup>1†</sup>, 施佳<sup>1</sup>, 张艳<sup>1</sup>, 林杰<sup>2</sup>

(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:** 针对异质信息环境下类案检索无法精准推送相似案例的问题, 考虑到决策信息的模糊性和属性间的关联性, 提出一种基于案例推理 (case-based reasoning, CBR) 和灰色关联分析 (grey correlation analysis, GCA) 的异质多属性决策方法, 以提高案例检索的准确性和高效性。首先, 依据模糊测度计算不同属性下的广义 Shapley 值, 以此体现属性间的交互作用及权重信息; 其次, 基于案例推理的思想, 运用灰色关联模型确定目标案例与历史案例的相似程度; 此外, 将广义 Shapley 值与灰色关联相结合, 得到目标案例与历史案例的灰色关联度, 从而获得可供当前目标案例参考的处理措施; 最后, 通过司法执行案件的类案检索问题验证所提方法的可行性和实用性, 进而完善异质多属性决策理论体系, 为解决司法领域难题拓宽新路径。

**关键词:** 异质信息; 广义 Shapley 值; 案例推理; 灰色关联分析; 类案检索; 多属性决策

中图分类号: C934

文献标志码: A

DOI: 10.13195/j.kzyjc.2023.0956

**引用格式:** 赵敬华, 施佳, 张艳, 等. 异质信息环境下基于案例推理和灰色关联分析的多属性决策方法[J]. 控制与决策, 2024, 39(10): 3479-3487.

## A multi-attribute decision-making method based on case-based reasoning and grey correlation analysis in heterogeneous information environment

ZHAO Jing-hua<sup>1†</sup>, SHI Jia<sup>1</sup>, ZHANG Yan<sup>1</sup>, LIN Jie<sup>2</sup>

(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:** Considering the ambiguity of decision information and the interaction of attributes, a heterogeneous multi-attribute decision-making method based on case-based reasoning and grey correlation analysis is proposed to solve the issue of the inability to accurately push similar cases in case retrieval with heterogeneous information and improve the accuracy and efficiency of case retrieval. Firstly, the generalized Shapley values under different attributes are calculated based on fuzzy measures to reflect the correlation between attributes and their weight information. Secondly, based on the idea of case-based reasoning, the grey relational model is used to calculate the similarity between the target case and the historical case. In addition, by combining the generalized Shapley value with grey correlation, the grey correlation degree between the target case and historical case is obtained, thereby obtaining processing measures that can be referenced by the current target case. Finally, the feasibility and practicality of the proposed method are verified through the case retrieval problem of judicial enforcement cases, which can improve the heterogeneous multi-attribute decision-making theoretical system, broadening new paths to solve difficulties in the judicial field.

**Keywords:** heterogeneous information; generalized Shapley values; case-based reasoning; grey relational analysis; case retrieval; multi-attribute decision-making

## 0 引言

近年来, 国家司法体制改革的核心目标是推行司法责任制改革, 以实现“审理者裁判, 裁判者负责”的原则。在司法责任制的背景下, 须持续加强对审判权

的监督运行。由于具备辅助法官决策和提升裁判文书质量与效率的双重功能, 类案检索日渐成为司法审判工作的得力助手<sup>[1]</sup>。

在类案检索过程中, 裁判文书中案例相似度的计

收稿日期: 2023-07-08; 录用日期: 2023-10-25.

基金项目: 国家自然科学基金项目(72201173); 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.

<sup>†</sup>通讯作者. E-mail: zhaojinghua@usst.edu.cn.

算可以看作是文本相似度计算的一个特殊情况. 目前, 案例相似度的计算主要是基于自然语言处理技术, 通过主题、关键词等信息对案例进行检索. 然而, 通过该方式检索到的案例数量庞大, 大量不相关的案例往往也会出现在检索结果中, 导致无法实现精准推送, 难以满足决策者所需的案例检索需求<sup>[2]</sup>. 对此, 学者不断进行深入探究, 以解决类案检索效率低下的问题. 曹发鑫等<sup>[3]</sup>针对借贷类案件文本匹配存在的问题, 利用机器学习获取案件要素的语义信息, 进而提出了一种融合案件关键要素的相似案例匹配模型, 使相似案例匹配的性能得以提升; 张建华等<sup>[4]</sup>设计了一套面向区间方面的隐性知识外显案例匹配算法, 利用向量相似度匹配出类似案例. 随着司法领域案件的复杂性日益突显, 其诸多属性往往无法定量描述, 而只能进行定性评估. 因此, 学者相继采用异质信息进行案例表示. 吴双胜等<sup>[5]</sup>考虑到案例属性信息表征形式的异质性, 提出了一种基于异质信息相似度的被执行人财产隐匿类案提取算法, 从而计算目标案件与历史案件属性值的混合相似度并筛选出相似案例集; 赵敬华等<sup>[6]</sup>考虑到心理行为对决策结果的影响, 构建了基于复杂网络和前景理论的异质多属性决策框架, 并将其应用于被执行人财产隐匿行为甄别评估. 经文献梳理可知, 根据一系列相似度优化算法对案件进行类案检索, 可以提高工作效率, 但涉及司法执行案件检索方面的研究仍较少. 同时, 司法领域的决策环境复杂多变, 执行案件的检索过程往往涉及诸多因素, 而该领域异质信息相似度测量方面还有待扩展. 灰色关联分析作为一种系统分析方法<sup>[7]</sup>, 其基本思想是以序列曲线几何形状的逼近程度判断其联系是否紧密, 若曲线越接近, 则相应的序列之间关联度就越大, 反之则越小, 该方法为解决不完备信息的相似性问题开拓了新思路. 相较于传统的凭借距离测度衡量数据间的相似程度, 它可以利用灰关联度高效处理各类模糊信息间的关联和差异. 因此, 本文借助灰色关联分析方法研究异质信息环境下的司法执行案件检索问题.

以案例检索为核心的案例推理方法在决策领域发挥着重要作用, 诸多学者对其进行了拓展研究. 丁晨曦等<sup>[8]</sup>考虑到垃圾焚烧过程二次风量人为设定的主观性, 结合案例推理思想对其进行案例检索、匹配及重用, 获取二次风量的优化设定值, 从而优化了管理决策的科学性; Zhao等<sup>[9]</sup>提出了一种涉及多个空间驱动因素的案例推理改进方法, 即在局部和全局相似性基础上, 引入了 $K$ 近邻方法对 $K$ 个相似案

例进行检索, 并将其应用于黄土滑坡地质案例中; 姚鑫等<sup>[10]</sup>通过信息基因库以及剪枝策略筛选出评价指标, 进而生成应急相似案例智能优化方法来有效应对滑坡灾害. 但传统的案例推理方法大多在案例表示过程中忽略了异质性, 并在案例重用时直接获取最相似案例的解, 这将导致决策效率低下, 且已有研究大都集中在应急决策领域, 鲜有学者将其拓展至司法执行领域. 此外, 在案件匹配过程中, 学者们开拓了诸多方法用于属性权重确定. 罗岚等<sup>[11]</sup>基于熵权法和网络分析法, 获得重大工程案例的特征属性权重, 并依靠相似度计算筛选出目标项目的相似源案例, 着重解决了影响其复杂性的关键维度; 谭睿璞等<sup>[12]</sup>基于偏差最大化方法计算出属性权重, 并基于案例推理方法有效应对突发事件. 但在实际决策时, 各属性之间必然存在不可分割的联系. 鲜有学者考虑到属性间的关联性, 如何选择合适的方法高效确定属性权重值得考究.

鉴于以上分析, 本文提出一种基于案例推理和灰色关联分析的异质多属性决策方法. 首先, 考虑到决策者对不同属性的重视程度以及属性之间存在的关联性, 通过模糊测度获得各属性的Shapley值, 从而获取各属性权重; 其次, 基于灰色关联分析方法, 以规范化异质信息间的距离为基础, 构建目标案例与历史案例间的灰色关联系数矩阵, 进而以系统的角度确定其相似度; 最后, 将所提方法应用于司法领域执行案件检索问题中, 结合决策者的理性思维去判断相似案例, 从而减少类案检索系统单纯依靠自然语言处理数据产生的误差, 实现对相似案例更精准的推送.

## 1 问题描述

在基于案例推理和灰色关联分析的异质多属性决策问题中, 为了叙述方便, 记 $Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_m\}$ 为案例库中的 $m$ 个历史案例. 其中:  $Z_i$ 为第 $i$ 个历史案例,  $i \in I, I = \{1, 2, \dots, m\}$ ;  $Z^*$ 为目标案例,  $Z^*$ 的处理措施暂时是未知的.  $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ 表示历史案件的属性特征集. 其中:  $C_j$ 表示第 $j$ 个属性,  $j \in J, J = \{1, 2, \dots, n\}$ . 属性异质信息的表征可以使用精确数、区间数、语言变量、概率语言术语集. 案例特征属性权重向量为 $w = [w_1, w_2, \dots, w_n]^T$ ,  $w_j$ 表示案件特征属性 $C_j$ 的权重, 满足 $0 \leq w_j \leq 1$ ,  $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ .  $Z_i = \{z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{in}\}$ 表示历史案例的属性值集合, 其中 $z_{ij}$ 表示历史案例 $Z_i$ 关于特征属性 $C_j$ 的属性值.  $Z^* = \{z_{01}, z_{02}, \dots, z_{0n}\}$ 表示目标案例的属性值集合, 其中 $z_{0j}$ 表示目标案例 $Z^*$ 关于特征属

性  $C_j$  的属性值. 具体如表 1 所示.

表 1 目标案例与历史案例的相关信息

案例	案例特征属性				
	$C_1$	$C_2$	...	$C_n$	
$Z_1$	$z_{11}$	$z_{12}$	...	$z_{1n}$	
$Z_2$	$z_{21}$	$z_{22}$	...	$z_{2n}$	
历史案例	...	...	...	...	
$Z_m$	$z_{m1}$	$z_{m2}$	...	$z_{mn}$	
目标案例	$Z^*$	$z_{01}$	$z_{02}$	...	$z_{0n}$
属性权重	$w$	$w_1$	$w_2$	...	$w_n$

本文要解决的问题是: 在司法执行案件的检索过程中, 考虑决策者的理性思维与案例属性间的交互关系, 基于案例推理和灰色关联分析, 精准筛选出相似案例并查询处理措施, 进而提升执行效率.

## 2 预备知识

### 2.1 异质信息相关概念

定义 1<sup>[13]</sup> 假设  $\tilde{a} = [a^l, a^u] = \{a | a^l \leq a \leq a^u, a \in R\}$ , 则定义  $\tilde{a}$  为一个区间数. 其中:  $R$  为实数,  $a^l$  和  $a^u$  分别为区间数  $\tilde{a}$  的下界和上界. 给定两个正区间数  $\tilde{a} = [a^l, a^u]$  和  $\tilde{b} = [b^l, b^u]$ , 其运算规则如下:

- 1)  $\tilde{a} \oplus \tilde{b} = [a^l, a^u] \oplus [b^l, b^u] = [a^l + b^l, a^u + b^u]$ ,
- 2)  $\tilde{a} \ominus \tilde{b} = [a^l, a^u] \ominus [b^l, b^u] = [a^l - b^l, a^u - b^u]$ ,
- 3)  $\lambda \tilde{a} = \lambda [a^l, a^u] = [\lambda a^l, \lambda a^u]$ ,
- 4)  $\tilde{a} \otimes \tilde{b} = [a^l, a^u] \otimes [b^l, b^u] = [a^l b^l, a^u b^u]$ ,
- 5)  $\tilde{a} \oslash \tilde{b} = [a^l, a^u] \oslash [b^l, b^u] = [a^l/b^l, a^u/b^u]$ .

当  $a^l = a^u$  时,  $\tilde{a} = [a^l, a^u]$  为精确值, 就某种程度而言, 精确数是区间数的特殊形式. 设  $d(\tilde{a}, \tilde{b})$  为两个区间数  $\tilde{a}, \tilde{b}$  之间的距离测度, 则有

$$d(\tilde{a}, \tilde{b}) = \frac{(a^l - b^l)^2 + (a^u - b^u)^2}{2}. \quad (1)$$

当  $a^l = a^u$  和  $b^l = b^u$  时, 区间数  $\tilde{a}, \tilde{b}$  之间的距离测度为

$$d(\tilde{a}, \tilde{b}) = (a^l - b^l)^2. \quad (2)$$

对于区间数属性评价值  $x'_{ij} = [e'_{ij}{}^l, e'_{ij}{}^u]$ , 经过规范化后其值为  $x_{ij} = [e_{ij}^l, e_{ij}^u]$ , 则有

$$x_{ij} = \begin{cases} \left[ \frac{e'_{ij}{}^l}{e'_{ij}{}^l_{\max}}, \frac{e'_{ij}{}^u}{e'_{ij}{}^u_{\max}} \right], & j \in B_1^b; \\ \left[ \frac{e'_{ij}{}^l}{e'_{ij}{}^l_{\min}}, \frac{e'_{ij}{}^u}{e'_{ij}{}^u_{\min}} \right], & j \in B_1^c. \end{cases} \quad (3)$$

其中:  $e'_{ij}{}^u_{\max} = \max\{e'_{ij}{}^u | i = 1, 2, \dots, m\}$ ,  $e'_{ij}{}^l_{\min} = \min\{e'_{ij}{}^l | i = 1, 2, \dots, m\}$ ,  $B_1^b$  为效益型属性集,  $B_1^c$  为成本型属性集.

定义 2<sup>[14]</sup> 设  $L = \{l_\alpha | \alpha = 0, 1, \dots, \tau\}$  是一个具有奇数个数的语言术语集, 其中  $l_\alpha$  为语言变量可能的值,  $\tau + 1$  为语言集合  $L$  的粒度, 则满足以下条件:

- 1) 有序性:  $i > j \Leftrightarrow l_i > l_j$ ;
- 2) 存在负算子:  $\text{Neg}(l_\alpha) = l_{-\alpha}$ , 特别地,  $\text{Neg}(l_0) = l_0$ .

$= l_0$ .

对于一个语言术语集,  $l'_{ij}$  为语言变量型评价数据, 其规范化的值为  $x_{ij}$ , 则有

$$x_{ij} = \begin{cases} l'_{ij}, & j \in B_2^b; \\ \text{Neg}(l'_{ij}), & j \in B_2^c. \end{cases} \quad (4)$$

其中:  $B_2^b$  为效益型属性集,  $B_2^c$  为成本型属性集.

定义 3<sup>[15]</sup> 设  $L = \{l_\alpha | \alpha = 0, 1, \dots, \tau\}$  是一个语言术语集, 则称  $L(p)$  为  $L$  上的一个概率语言术语集, 其表达式为

$$L(p) = \left\{ l^{(k)}(p^{(k)}) \mid l^{(k)} \in L, k = 1, 2, \dots, \#L(p), p^{(k)} \geq 0, \sum_{k=1}^{\#L(p)} p^{(k)} \leq 1 \right\}. \quad (5)$$

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

定义 4<sup>[16]</sup> 设  $L = \{l_\alpha | \alpha = 0, 1, \dots, \tau\}$  为一个语言术语集,  $\mathfrak{S} = \{L_i(p) | i = 1, 2, \dots, m\}$  为概率语言术语集的集合. 其中:  $L_i(p) = \{l_\varepsilon^i(p_\varepsilon^i) | \varepsilon \in Z_i\}$ ,  $Z_i \subseteq Z$ ,  $Z = \{0, 1, \dots, \tau\}$ . 则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

$$\tilde{L}_i(p) = \left\{ l_\varepsilon^i(\tilde{p}_\varepsilon^i) \mid \varepsilon \in Z_i, \tilde{p}_\varepsilon^i = \frac{p_\varepsilon^i}{\sum_{\varepsilon \in Z_i} p_\varepsilon^i} \right\}. \quad (6)$$

2) 对于经式 (6) 规范化后的两个概率语言术语集  $\tilde{L}_1(p) = \{l_\varepsilon^1(p_\varepsilon^1) | \varepsilon \in Z_1\}$ ,  $\tilde{L}_2(p) = \{l_\varepsilon^2(p_\varepsilon^2) | \varepsilon \in Z_2\}$ , 若  $\#\tilde{L}_1(p) \neq \#\tilde{L}_2(p)$ , 则需对元素个数较少的概率语言术语集添加语言术语最小的元素, 并假定其概率为 0, 直至  $\#\tilde{L}_1(p) = \#\tilde{L}_2(p)$ .

例 1 设  $L_1(p) = \{l_2(0.8), l_3(0.2)\}$ ,  $L_2(p) = \{l_1(0.3), l_2(0.3), l_3(0.3)\}$ , 则根据式 (6) 可得  $\tilde{L}_2(p) = \{l_1(0.333), l_2(0.333), l_3(0.333)\}$ ; 其次, 由于  $\#\tilde{L}_1(p) < \#\tilde{L}_2(p)$ , 需要对概率语言术语集  $L_1(p)$  添加语言术语  $l_2$ , 且其概率为 0, 即  $\tilde{L}_1(p) = \{l_2(0.8), l_3(0.2), l_2(0)\}$ .

定义 5<sup>[17]</sup> 若有两个经过规范化处理的概率语言术语集  $\tilde{L}_1(p) = \{l_\varepsilon^1(p_\varepsilon^1) | \varepsilon \in Z_1\}$ ,  $\tilde{L}_2(p) = \{l_\varepsilon^2(p_\varepsilon^2) | \varepsilon \in Z_2\}$ , 其中  $Z_1 = Z_2 = \Lambda$ , 则两个概率术语集之间的广义距离测度定义如下:

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

其中:  $\#\Lambda$  表示语言术语集  $\Lambda$  中所含元素的个数,  $\frac{\varepsilon}{\tau}$  表示语言术语下标为  $\varepsilon$  的语言等级. 当  $\lambda = 1$  时, 该广义距离测度退化为汉明距离; 当  $\lambda = 2$  时, 则退化为欧氏距离.

定义 6<sup>[6]</sup> 对于实数型属性评价值  $r'_{ij}$  的规范化, 经过规范化后为  $x_{ij}$ , 则有

$$x_{ij} = \begin{cases} \frac{r'_{ij}}{r_{j \max}}, & j \in B_4^b; \\ \frac{r_{j \min}}{r'_{ij}}, & j \in B_4^c. \end{cases} \quad (8)$$

其中:  $B_4^b$  为效益型属性集,  $B_4^c$  为成本型属性集,  $r_{j \max} = \max\{r'_{ij} | i = 1, 2, \dots, m\}$ ,  $r_{j \min} = \min\{r'_{ij} | i = 1, 2, \dots, m\}$ . 特别地, 若  $r'_{ij} = 0, j \in B_4^c$ , 取  $x_{ij} = 1$ .

### 2.2 模糊测度和广义 Shapley 值

在实际决策问题中, 属性间往往存在着各种交互关系, 譬如互补、冗余、独立等关系. 早在 1974 年, Sugeno<sup>[18]</sup> 针对属性关联性的多属性决策问题, 提出了模糊测度的概念. 在此基础上, 学者们展开了大量研究, 发现广义 Shapley 值相较于模糊测度可以更全面地表示属性间的交互关系<sup>[19]</sup>. 故将广义 Shapley 值引入到属性相关性的研究中, 其相关定义如下:

**定义 7**<sup>[18]</sup> 设存在一个非空集合  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , 其中  $P(X) \rightarrow [0, 1]$  是  $X$  的幂集, 则定义在  $X$  上的模糊测度  $\mu: P(X) \rightarrow [0, 1]$  满足以下条件:

- 1)  $\mu(\phi) = 0, \mu(X) = 1$ ;
- 2)  $\forall A, B \in P(X)$  且  $A \subseteq B$ , 则  $\mu(A) \leq \mu(B)$ ;
- 3)  $\mu(A \cup B) = \mu(A) + \mu(B) + \lambda\mu(A)\mu(B)$ , 则称  $\mu$  是  $X$  上的  $\lambda$  模糊测度.

① 若  $\lambda = 0, \mu(A \cup B) = \mu(A) + \mu(B)$ , 则  $A$  与  $B$  之间相互独立, 称为可加性测度;

② 若  $\lambda < 0, \mu(A \cup B) < \mu(A) + \mu(B)$ , 则  $A$  与  $B$  之间存在信息的冗余, 称为次加性测度;

③ 若  $\lambda > 0, \mu(A \cup B) > \mu(A) + \mu(B)$ , 则  $A$  与  $B$  之间存在互补作用, 称为超加性测度.

设  $\mu(x_i)$  是  $x_i$  的模糊测度,  $A \subseteq X$ , 则  $A$  的模糊测度为

$$\mu(A) = \begin{cases} \frac{1}{\lambda} \left\{ \prod_{x_i \in A} [1 + \lambda\mu(x_i)] - 1 \right\}, & \lambda \neq 0; \\ \sum_{x_i \in A} \mu(x_i), & \lambda = 0. \end{cases} \quad (9)$$

若集合中元素相互关联, 则下式成立:

$$\lambda + 1 = \prod_{x_i \in A} [1 + \lambda\mu(x_i)], \quad -1 < \lambda < \infty, \lambda \neq 0. \quad (10)$$

**定义 8**<sup>[19]</sup> 设存在一个非空集合  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , 其中  $P(X) \rightarrow [0, 1]$  是  $X$  的幂集,  $\mu$  为定义在  $X$  上的模糊测度, 则广义 Shapley 值表示如下:

$$\varphi_S(\mu, X) = \sum_{T \subset X \setminus S} \frac{(n - |S| - |T|)! |T|!}{(n - |S| + 1)!} (\mu(S \cup T) - \mu(T)), \quad (11)$$

其中  $|S|, |T|$  分别为子集  $S$  和  $T$  中元素的个数.

### 2.3 灰色关联

灰色关联的基本原理是计算各备选方案与理想方案属性值的差异程度, 若备选方案与理想方案的属性集序列趋势一致, 则两个方案的各个属性值较为相近, 表明该备选方案越优, 反之则越劣, 该方法常用于各个方案的排序问题中.

**定义 9**<sup>[20]</sup> 设  $X_0 = (x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(n))$  为系统特征序列, 且

$$\begin{aligned} X_1 &= (x_1(1), x_1(2), \dots, x_1(n)), \\ &\vdots \\ X_i &= (x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n)), \\ &\vdots \\ X_m &= (x_m(1), x_m(2), \dots, x_m(n)) \end{aligned}$$

为相关因素序列. 给定实数  $r(x_0(k), x_i(k))$ , 若实数

$$r(X_0, X_i) = \sum_{k=1}^n w_k r(x_0(k), x_i(k)), \quad w_k \geq 0$$

为任意序列中第  $k$  个元素的权重,  $\sum_{k=1}^n w_k = 1$ , 则满足: 1) 规范性:  $0 < r(X_0, X_i) \leq 1, r(X_0, X_i) = 1 \Leftrightarrow X_0 = X_i$ ;

2) 整体性: 对于  $X_i, X_j \in X = \{X_s | s = 0, 1, 2, \dots, m, m \geq 2\}$ , 有  $r(X_i, X_j) \neq r(X_j, X_i), i \neq j$ ; 3) 偶对称性: 对于  $X_i, X_j \in X$ , 有  $r(X_i, X_j) = r(X_j, X_i) \Leftrightarrow X = \{X_i, X_j\}$ ; 4) 接近性:  $|x_0(k) - x_i(k)|$  越小,  $r(x_0(k), x_i(k))$  越大. 则称  $r(X_0, X_i)$  为  $X_0$  与  $X_i$  的灰色关联度,  $r(x_0(k), x_i(k))$  为  $X_0$  与  $X_i$  在  $k$  点的关联系数, 并称条件 1)~条件 4) 为灰色关联四公理.

**定理 1**<sup>[20]</sup> 设系统行为序列

$$\begin{aligned} X_0 &= (x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(n)), \\ X_1 &= (x_1(1), x_1(2), \dots, x_1(n)), \\ &\vdots \\ X_i &= (x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(n)), \\ &\vdots \\ X_m &= (x_m(1), x_m(2), \dots, x_m(n)). \end{aligned}$$

对于  $\rho \in (0, 1)$ , 令

$$r(x_0(k), x_i(k)) = \frac{\min_i \min_k |x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}{|x_0(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)|}, \quad (12)$$

$$r(X_0, X_i) = \sum_{k=1}^n w_k r(x_0(k), x_i(k)),$$

则  $r(X_0, X_i)$  满足灰色关联四公理, 称为  $X_0$  与  $X_i$  的灰色关联度,  $\rho$  称为分辨系数.

### 3 异质信息环境下基于案例推理和灰色关联的多属性决策方法

#### 3.1 案例推理

案例推理是人工智能中基于经验的问题求解方法,其核心思想是借助以往的经验 and 知识解决现有问题,这与人的思维模式较为相似.目前案例推理已经广泛应用于各个领域,譬如经济金融、突发事件应急决策等<sup>[21]</sup>.案例推理的主要过程包括以下 5 个方面:

1) 案例表示.以所提出的问题为对象,通过挖掘问题的特征值等信息,对问题案例进行结构化描述,从而建立历史案例库.

2) 案例检索.根据选取的特征属性计算目标案例与历史案例的相似度,识别出相似案例.

3) 案例重用.决策者预先设定相似度阈值,案例库中超过阈值的历史案例可为目标案例的决策提供借鉴意义.

4) 案例修正.若历史案例的解决方案达不到目标案例的要求或对其无参考意义,则需要对案例进一步分析,调整决策建议,使其适用于当前待解决的问题环境.

5) 案例存储.通过目标案例与相似历史案例的差异判断目标案例是否具有代表性,若差异较大且具有代表性,则将其相关信息存储到案例库中,为日后案例检索奠定坚实基础.

#### 3.2 基于异质信息的灰色关联模型

案例检索这一环节的基本思想是计算目标案例与各个历史案例的相似度,进而识别出与目标案例相似的历史案例,这与灰色关联的核心思想较为相似.灰色关联是从系统的角度看待问题,若目标案例与历史案例序列曲线趋同,则反映出两个案例之间的各项属性值比较相近,相似度也会更大.但传统的灰色关联模型通常处理的是由实数表示的评价信息,无法对其他数据类型序列进行分析.鉴于此,为了全方位反映各案例的真实情况,本文尝试构建一种基于异质信息的灰色关联模型.具体实施步骤如下.

step 1: 确定多属性初始决策矩阵,并依式(3)、(4)、定义 4、式(8)对其进行规范化处理,获得规范化决策矩阵.

step 2: 根据式(9)~(11)确定异质评价属性的模糊测度及广义 Shapley 值.

step 3: 计算属性  $C_j$  下目标案例  $Z^*$  与历史案例  $Z_i$  的灰色关联系数  $\xi_{ij}^*$ ,即参照式(12)可得

$$\xi_{ij}^* =$$

$$\frac{\min_j d(z_{0j}, z_{ij}) + \rho \max_i \max_j d(z_{0j}, z_{ij})}{d(z_{0j}, z_{ij}) + \rho \max_i \max_j d(z_{0j}, z_{ij})}. \quad (13)$$

其中: $\rho$ 为分辨系数,一般取 $\rho = 0.5$ ;  $d(z_{0j}, z_{ij})$ 为属性  $C_j$  下目标案例  $Z^*$  与历史案例  $Z_i$  的距离测度.

step 4: 计算目标案例  $Z^*$  与历史案例  $Z_i$  的灰色关联度  $\phi_i^*$ ,即

$$\phi_i^* = \sum_{j=1}^n (\varphi_{\hat{C}_{(j)}}(\mu, C) - \varphi_{\hat{C}_{(j+1)}}(\mu, C)) \xi_{ij}^*. \quad (14)$$

其中: $\hat{C}_{(j)} = \{C_{(j)}, C_{(j+1)}, \dots, C_{(n)}\}$ ;  $\hat{C}_{(j+1)} \neq \emptyset$ ;  $\varphi_{\hat{C}_{(j)}}(\mu, C)$ 为属性关于模糊测度 $\mu$ 的广义 Shapley 值;  $\xi_{ij}^*$ 为属性  $C_j$  下历史案例  $Z_i$  与目标案例  $Z^*$  的相似度大小的排序,即  $\xi_{i(1)}^* \leq \xi_{i(2)}^* \leq \dots \leq \xi_{i(n)}^*$ .

#### 3.3 基于案例推理和灰色关联的多属性决策方法

基于案例推理和灰色关联的方法,能够以更加系统全面的角度反映出目标案例与历史案例各项属性值的相近程度,进而高效地生成目标案例的建议.具体步骤如下.

step 1: 基于所提出的灰色关联模型,确定异质评价属性的模糊测度、广义 Shapley 值、目标案例与历史案例灰色关联系数矩阵  $[\xi_{ij}^*]_{m \times n}$  以及灰色关联度  $\phi_i^*$ .

step 2: 确定最佳相似源案例.依据案例间灰色关联度的结果,通过设置相似度阈值提取与目标案例相似的历史案例.目标案例与历史案例间的相似度阈值计算公式为

$$\gamma = \eta \max\{\phi_i^* | i = 1, 2, \dots, m\}. \quad (15)$$

其中: $0 < \eta \leq 1$ ,  $\eta$ 越大表明检索到的历史案例与目标案例的相似程度越高,该值由决策者依据自身经验给定.

step 3: 构建与历史案例相似的案例集  $\Omega$ .当灰色关联度满足  $\phi_i^* \geq \gamma$  时,该案例可作为相似案例集  $\Omega$ .

step 4: 参考检索出的相似案例集对目标案例采取相应的处理措施.

### 4 算例分析

在面对一些复杂、疑难或新类型的案件时,法官凭借自身经验知识难以做出准确判断,则可以通过类案检索参考类似案例,辅助其做出决策.目前的类案检索系统主要是通过大数据将案例的特性从定性和定量两个方面进行拆分和提炼,从而实现智能推送.无论是定性还是定量处理,均是从案件相似度的角度出发,而相似度的计算大多是以案件中的关键词为基础,通过这种方式检索会搜索到大量历史案

件,案件相关性可能较低,导致类案检索效果大打折扣.因此,如何采取更合理的类案检索方式辅助目标案件办案是非常重要的.

假设现在需要对一起被执行人财务隐匿案件进行查控判决,但该执行案件较为复杂,执行人员难以做出判断,需要检索历史案件,对被执行人是否存在财务隐匿行为进行预估,以此辅助其做出最终决策.现从执结案例库中,选取相同案件类型及相同案由的案件,然后从中随机抽取10个案件  $Z_1 \sim Z_{10}$ . 考虑到被执行人是执行案件的主体,选取被执行人的一些属性特征作为执行案件的属性,包括执行标的( $C_1$ ,单位:万元)、年度收入( $C_2$ ,单位:万元)、资产形态( $C_3$ )、消费水平( $C_4$ )、交易行为( $C_5$ )、个人征信( $C_6$ ).其中: $C_1$ 的数据类型为精确数; $C_2$ 为区间数; $C_3 \sim C_6$ 则用概率语言术语表示,其语言评价集分别为  $L_{C_3} = \{l_0 = \text{很多}, l_1 = \text{多}, l_2 = \text{一般}, l_3 =$

少,  $l_4 = \text{很少}\}$ ,  $L_{C_4} = \{l_0 = \text{非常高}, l_1 = \text{较高}, l_2 = \text{一般}, l_3 = \text{较低}, l_4 = \text{非常低}\}$ ,  $L_{C_5} = \{l_0 = \text{风险偏好高}, l_1 = \text{风险偏好低}, l_2 = \text{中等}, l_3 = \text{风险规避低}, l_4 = \text{风险规避高}\}$ ,  $L_{C_6} = \{l_0 = \text{很差}, l_1 = \text{差}, l_2 = \text{一般}, l_3 = \text{好}, l_4 = \text{很好}\}$ . 执法人员给出的评价属性集的模糊测度分别为  $\mu(C_1) = 0.60, \mu(C_2) = 0.80, \mu(C_3) = 0.65, \mu(C_4) = 0.45, \mu(C_5) = 0.60, \mu(C_6) = 0.45$ .

4.1 决策步骤

step 1: 执行人员根据历史案件的综合情况,给出初始决策矩阵如表2所示;并依式(3)、(4)、定义4、式(8)将其进行规范化.

step 2: 由评价属性集的模糊测度和式(10)可得  $\lambda = -0.9965$ ;根据式(9)和  $\lambda$  值计算案件各属性子集的模糊测度,具体如表3所示.根据得到的模糊测度及式(11)确定各属性子集的广义Shapley值,具体如表4所示.

表2 执行案件初始决策矩阵

案件	$C_1$	$C_2$	$C_3$	$C_4$	$C_5$	$C_6$
$Z_1$	119	[20,30]	$\{l_1(0.85), l_2(0.15)\}$	$\{l_2(0.5), l_3(0.5)\}$	$\{l_0(0.2), l_1(0.8)\}$	$\{l_1(0.6), l_2(0.4)\}$
$Z_2$	15.5	[5,10]	$\{l_3(0.2), l_4(0.8)\}$	$\{l_2(0.7), l_3(0.3)\}$	$\{l_3(0.6), l_4(0.4)\}$	$\{l_0(0.2), l_1(0.8)\}$
$Z_3$	37.6	[15,20]	$\{l_0(0.2), l_1(0.8)\}$	$\{l_2(0.7), l_3(0.3)\}$	$\{l_2(0.5), l_3(0.5)\}$	$\{l_1(0.6), l_2(0.4)\}$
$Z_4$	23.5	[5,8]	$\{l_3(0.3), l_4(0.7)\}$	$\{l_2(0.2), l_3(0.8)\}$	$\{l_3(0.5), l_4(0.5)\}$	$\{l_1(0.3), l_2(0.7)\}$
$Z_5$	10.5	[11,15]	$\{l_0(0.7), l_1(0.3)\}$	$\{l_1(0.5), l_2(0.5)\}$	$\{l_1(0.6), l_2(0.4)\}$	$\{l_0(0.3), l_1(0.7)\}$
$Z_6$	7.3	[4,8]	$\{l_3(0.2), l_4(0.8)\}$	$\{l_2(0.4), l_3(0.6)\}$	$\{l_3(0.7), l_4(0.3)\}$	$\{l_2(0.5), l_3(0.5)\}$
$Z_7$	11	[4,7]	$\{l_2(0.7), l_3(0.3)\}$	$\{l_3(0.5), l_4(0.5)\}$	$\{l_3(0.6), l_4(0.4)\}$	$\{l_2(0.6), l_3(0.4)\}$
$Z_8$	6	[5,10]	$\{l_0(0.7), l_1(0.3)\}$	$\{l_2(0.4), l_3(0.6)\}$	$\{l_2(0.6), l_3(0.4)\}$	$\{l_2(0.3), l_3(0.7)\}$
$Z_9$	22	[8,10]	$\{l_2(0.5), l_3(0.5)\}$	$\{l_2(0.5), l_3(0.5)\}$	$\{l_1(0.7), l_2(0.3)\}$	$\{l_0(0.1), l_1(0.9)\}$
$Z_{10}$	17	[15,20]	$\{l_1(0.5), l_2(0.5)\}$	$\{l_1(0.6), l_2(0.4)\}$	$\{l_1(0.8), l_2(0.2)\}$	$\{l_1(0.7), l_2(0.3)\}$
$Z_0$	50	[15,20]	$\{l_0(0.2), l_1(0.8)\}$	$\{l_1(0.7), l_2(0.3)\}$	$\{l_3(0.8), l_4(0.2)\}$	$\{l_2(0.5), l_3(0.5)\}$

表3 执行案件各属性子集的模糊测度

属性集	模糊测度	属性集	模糊测度	属性集	模糊测度	属性集	模糊测度
{1}	0.60	{3, 5}	0.8614	{2, 3, 5}	0.9747	{1, 3, 4, 6}	0.9603
{2}	0.80	{3, 6}	0.8085	{2, 3, 6}	0.9640	{1, 3, 5, 6}	0.9720
{3}	0.65	{4, 5}	0.7809	{2, 4, 5}	0.9584	{1, 4, 5, 6}	0.9541
{4}	0.45	{4, 6}	0.6982	{2, 4, 6}	0.9416	{2, 3, 4, 5}	0.9876
{5}	0.60	{5, 6}	0.7809	{2, 5, 6}	0.9584	{2, 3, 4, 6}	0.9817
{6}	0.45	{1, 2, 3}	0.9747	{3, 4, 5}	0.9251	{2, 3, 5, 6}	0.9876
{1, 2}	0.9217	{1, 2, 4}	0.9584	{3, 4, 6}	0.8960	{2, 4, 5, 6}	0.9786
{1, 3}	0.8614	{1, 2, 5}	0.9706	{3, 5, 6}	0.9251	{3, 4, 5, 6}	0.9603
{1, 4}	0.7809	{1, 2, 6}	0.9584	{4, 5, 6}	0.8807	{1, 2, 3, 4, 5}	0.9971
{1, 5}	0.8413	{1, 3, 4}	0.9251	{1, 2, 3, 4}	0.9876	{1, 2, 3, 4, 6}	0.9947
{1, 6}	0.7809	{1, 3, 5}	0.9464	{1, 2, 3, 5}	0.9919	{1, 2, 3, 5, 6}	0.9971
{2, 3}	0.9318	{1, 3, 6}	0.9251	{1, 2, 3, 6}	0.9876	{1, 2, 4, 5, 6}	0.9935
{2, 4}	0.8913	{1, 4, 5}	0.9140	{1, 2, 4, 5}	0.9854	{1, 3, 4, 5, 6}	0.9861
{2, 5}	0.9217	{1, 4, 6}	0.8807	{1, 2, 4, 6}	0.9786	{2, 3, 4, 5, 6}	0.9947
{2, 6}	0.8913	{1, 5, 6}	0.9140	{1, 2, 5, 6}	0.9854	{1, 2, 3, 4, 5, 6}	1
{3, 4}	0.8085	{2, 3, 4}	0.9640	{1, 3, 4, 5}	0.9720		

表4 执行案件各属性子集的广义Shapley值

属性集	值	属性集	值	属性集	值	属性集	值
{1}	0.1299	{3, 5}	0.1312	{2, 3, 5}	0.2747	{1, 3, 4, 6}	0.2154
{2}	0.2106	{3, 6}	0.0715	{2, 3, 6}	0.2470	{1, 3, 5, 6}	0.2304
{3}	0.1269	{4, 5}	0.1218	{2, 4, 5}	0.2620	{1, 4, 5, 6}	0.2104
{4}	0.0573	{4, 6}	0.0622	{2, 4, 6}	0.2343	{2, 3, 4, 5}	0.3032
{5}	0.1119	{5, 6}	0.0742	{2, 5, 6}	0.2518	{2, 3, 4, 6}	0.2755
{6}	0.0522	{1, 2, 3}	0.3088	{3, 4, 5}	0.1520	{2, 3, 5, 6}	0.2931
{1, 2}	0.2854	{1, 2, 4}	0.2907	{3, 4, 6}	0.0906	{2, 4, 5, 6}	0.2697
{1, 3}	0.2030	{1, 2, 5}	0.3108	{3, 5, 6}	0.1026	{3, 4, 5, 6}	0.1326
{1, 4}	0.1755	{1, 2, 6}	0.2756	{4, 5, 6}	0.0865	{1, 2, 3, 4, 5}	0.3808
{1, 5}	0.2012	{1, 3, 4}	0.1994	{1, 2, 3, 4}	0.3232	{1, 2, 3, 4, 6}	0.3456
{1, 6}	0.1660	{1, 3, 5}	0.2250	{1, 2, 3, 5}	0.3433	{1, 2, 3, 5, 6}	0.3706
{2, 3}	0.2476	{1, 3, 6}	0.1898	{1, 2, 3, 6}	0.3081	{1, 2, 4, 5, 6}	0.3373
{2, 4}	0.2315	{1, 4, 5}	0.2137	{1, 2, 4, 5}	0.3266	{1, 3, 4, 5, 6}	0.2755
{2, 5}	0.2486	{1, 4, 6}	0.1785	{1, 2, 4, 6}	0.2915	{2, 3, 4, 5, 6}	0.3456
{2, 6}	0.2210	{1, 5, 6}	0.1935	{1, 2, 5, 6}	0.3165	{1, 2, 3, 4, 5, 6}	1
{3, 4}	0.0765	{2, 3, 4}	0.2575	{1, 3, 4, 5}	0.2506		

step 3: 根据式(13)计算目标案件与历史案件的灰色关联系数矩阵  $[\xi_{ij}^*]_{m \times n}$  为

$$\xi_{ij}^* = \begin{bmatrix} 0.9877 & 0.8479 & 0.9193 & 0.6704 & 0.5662 & 0.6802 \\ 0.8444 & 0.7770 & 0.5081 & 0.7132 & 0.7759 & 0.6371 \\ 0.9960 & 1 & 1 & 0.7132 & 0.6887 & 0.6802 \\ 0.9548 & 0.7407 & 0.5319 & 0.5800 & 0.6978 & 0.6866 \\ 0.6552 & 0.9444 & 0.8738 & 0.8856 & 0.5601 & 0.6417 \\ 0.4401 & 0.7245 & 0.5081 & 0.6408 & 0.8738 & 1 \\ 0.6814 & 0.7062 & 0.6522 & 0.5652 & 0.7759 & 0.9057 \\ 0.3333 & 0.7770 & 0.8738 & 0.6408 & 0.6486 & 0.8277 \\ 0.9432 & 0.8239 & 0.6371 & 0.6704 & 0.5626 & 0.6322 \\ 0.8771 & 1 & 0.7684 & 0.9393 & 0.5634 & 0.6704 \end{bmatrix}$$

step 4: 根据式(14)计算目标案件与历史案件的灰色关联度为  $\phi_1^* = 0.6806$ ,  $\phi_2^* = 0.6052$ ,  $\phi_3^* = 0.7567$ ,  $\phi_4^* = 0.6255$ ,  $\phi_5^* = 0.6642$ ,  $\phi_6^* = 0.5383$ ,  $\phi_7^* = 0.6250$ ,  $\phi_8^* = 0.4831$ ,  $\phi_9^* = 0.6574$ ,  $\phi_{10}^* = 0.6910$ .

step 5: 确定最佳相似源案例. 依 step 4 中历史案件与目标案件的灰色关联度大小进行排序, 排序结果为  $Z_3 \succ Z_{10} \succ Z_1 \succ Z_5 \succ Z_9 \succ Z_4 \succ Z_7 \succ Z_2 \succ Z_6 \succ Z_8$ .

step 6: 筛选与目标案例较为相似的案例集. 假设  $\eta = 0.95$ , 根据式(15)可得相似度阈值  $\gamma = 0.6432$ , 从而获得与目标案例较为相似的案例集  $\Omega = \{Z_3, Z_{10}, Z_1, Z_5, Z_9\}$ .

step 7: 参考检索出的相似案例集, 对目标案例采取相应的处理措施, 以提高执行效率.

### 4.2 对比分析

为了说明论文所提方法的合理性和有效性, 将该方法与其他3种不同的决策方法进行对比分析, 具体如表5所示. 可以看出, 其他3种方法的排序结果均为  $Z_3 \succ Z_{10} \succ Z_1 \succ Z_5 \succ Z_7 \succ Z_9 \succ Z_2 \succ Z_4 \succ Z_6 \succ Z_8$ . 其中: 本文与其余3种方法求得的相似度最高的4个案件  $Z_3, Z_{10}, Z_1, Z_5$  最终排序结果一致, 而相似度最低的两个案件  $Z_6, Z_8$  排序结果也相同, 由此验证了本文方法的可行性.

表5 不同方法对比分析

相似度	文献[5]		文献[21]		属性独立+权重一致		本文方法	
	相似度	rank	相似度	rank	相似度	rank	相似度	rank
$\phi_1^*$	0.8719	3	0.8704	3	0.7786	3	0.6806	3
$\phi_2^*$	0.8114	7	0.8258	7	0.7093	7	0.6052	8
$\phi_3^*$	0.9163	1	0.9143	1	0.8464	1	0.7567	1
$\phi_4^*$	0.8026	8	0.8134	8	0.6986	8	0.6255	6
$\phi_5^*$	0.8514	4	0.8579	4	0.7601	4	0.6642	4
$\phi_6^*$	0.7655	9	0.7854	9	0.6979	9	0.5383	9
$\phi_7^*$	0.8302	5	0.8336	5	0.7144	5	0.6250	7
$\phi_8^*$	0.7531	10	0.7585	10	0.6835	10	0.4831	10
$\phi_9^*$	0.8164	6	0.8261	6	0.7116	6	0.6574	5
$\phi_{10}^*$	0.8741	2	0.8856	2	0.8031	2	0.6910	2

案件  $Z_2, Z_4, Z_7, Z_9$  排序结果不一致,造成这种差异的原因一方面在于,文献[5,21]均没有考虑到评价属性间存在的关联性,即假设属性是相互独立的.其中文献[5]利用离差最大化法,根据决策者评价信息的差异程度,确定各属性客观权重  $w = [0.1774, 0.0988, 0.2356, 0.1537, 0.194, 0.1405]^T$ .该方法求得的最小属性权重为年度收入( $C_2$ ),但执法人员依靠其专业知识、经验等给出的最重要属性恰恰是年度收入( $C_2$ ),这与实际决策背景不符.关于文献[21],其属性权重是人为直接赋予的,即认定所有属性的重要程度均一致,未考虑到评价指标重要程度对决策结果造成的影响.在实际进行决策时,属性间往往存在一定的联系.譬如司法执行案件中被执行人的收入水平会在一定程度上决定其消费水平,也会影响到其房产、车辆、股权等资产构成,同时个人征信的结果也会在交易行为中有所突显.而论文采用的广义 Shapley 值是在模糊测度的基础之上提出的,充分考虑到各个属性之间的交互作用,使得权重求解更加合理,也更加契合实际情况.另一方面,文献[5,21]将不同数据类型的属性值相似度进行聚合,从而获得各案例间的混合相似度,但其相似度本质上是借助距离测度衡量的,距离测度通常基于案件的表面特征,并不能全面反映案件的本质及关联性.在现实司法责任制决策背景下,执行案件的检索过程往往十分复杂,若仅仅依靠距离去度量目标案件与历史案件的相似程度,则过于片面,影响了决策的准确性和公正性.而灰色关联的核心思想是以序列曲线几何形状的逼近程度判断其联系是否紧密,灰关联度能更灵活地反映案件之间的非线性关系,从而得到相似度信息.故本文在距离测度的基础之上,利用灰色关联分析法度量目标案件与历史案件的相似度,进而以系统的角度分析问题,更加客观可靠.

此外,若是考虑属性独立且各属性权重一致的情况,则采用本文提出的异质信息环境下的灰色关联模型比较目标案件与历史案件的相似度,得到的排序结果与文献[5,21]一致,这也从侧面说明了该模型具备一定的可行性和稳定性.综合而言,本文方法不仅考虑了属性间的交互关系,而且从整体的角度度量了案例间的相似程度,使决策结果更加满足实际决策需要.

## 5 结论

本文针对异质信息环境下检索类似案例无法精准推送的问题,提出了一种基于案例推理和灰色关联分析的异质多属性决策方法.首先,考虑到实际问题

中属性间的关联性,通过各属性的 Shapley 值得到各属性权重,体现出决策者对不同属性的重视程度;其次,基于灰色关联模型确定目标案例与历史案例的关联度,该方法无需将距离测度转换为相似度测度,避免了信息的转换,进一步提高了决策效率;再次,将案例推理拓展至异质信息环境中,通过决策者的理性思维判断相似案例,进而实现了对相似案例更精准的排序;最后,将所提方法应用于司法执行案件的检索问题中,以此说明方法的可行性和有效性.与现有方法相比,本文方法具有如下特点:

1) 将 Shapley 值融入到异质信息多属性群决策过程中,充分考虑了属性间的相互关联对决策结果的影响,从而使最终评价结果更切合实际情况;

2) 构建了新的基于异质信息的灰色关联模型,以系统的角度计算目标案例与历史案例的灰色关联度,从而筛选出相似案例;

3) 将案例推理拓展至异质信息环境,参考检索出的相似案例集,对目标案例采取相应的处理措施,为解决异质信息多属性决策问题开拓了新思路;

4) 将该决策方法应用于以被执行人为中心的执行案件检索问题中,有助于完善异质多属性决策理论体系,为解决司法执行领域执行难问题拓宽了新路径.

由于现实环境的复杂性和社会性,本文存在一定的局限性,下一步的研究方向是将所提出的决策方法推广至大规模群体中,同时异质信息环境下大规模专家群体的权重确定方面尚有待进一步探究.

## 参考文献(References)

- [1] 王肃之. 规范指导视域下类案检索的智慧化[J]. 法律适用, 2021(9): 150-159.  
(Wang S Z. Intelligence of similar cases retrieval in the perspective of normative guidance[J]. Journal of Law Application, 2021(9): 150-159.)
- [2] 孙海波. 类案检索在何种意义上有助于同案同判?[J]. 清华法学, 2021, 15(1): 79-97.  
(Sun H B. Is similar case research useful to realize the idea of "like cases be treated alike"?[J]. Tsinghua University Law Journal, 2021, 15(1): 79-97.)
- [3] 曹发鑫, 孙媛媛, 王治政, 等. 面向借贷案件的相似案例匹配模型[J]. 计算机工程, 2024, 50(1): 306-312.  
(Cao F X, Sun Y Y, Wang Z Z, et al. Similar case matching model for lending cases[J]. Computer Engineering, 2024, 50(1): 306-312.)
- [4] 张建华, 叶建文, 刘柯. 面向区间方面的隐性知识外显案例匹配研究[J]. 数学的实践与认识, 2020, 50(5): 49-59.  
(Zhang J H, Ye J W, Liu K. Research on explicit

- case matching of tacit knowledge oriented to interval aspects[J]. *Mathematics in Practice and Theory*, 2020, 50(5): 49-59.)
- [5] 吴双胜, 林杰, 黄冬宏, 等. 基于异质信息相似度的被执行人财物隐匿类案提取与金额估算[J]. *中国管理科学*, 2023, 31(6): 221-230.  
(Wu S S, Lin J, Huang D H, et al. Similar cases extraction and amount estimation of person subjected to execution concealing property based on similarity of heterogeneous information[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2023, 31(6): 221-230.)
- [6] 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.  
(Zhao J H, Zhang Y, Zhang W, et al. Evaluation decision method of person subjected to execution with heterogeneous information[J]. *Control and Decision*, 2023, 38(12): 3562-3570.)
- [7] 董鹏宇, 王红卫, 陈游. 区间条件下基于GRA和TOPSIS的辐射源威胁评估[J]. *控制与决策*, 2021, 36(6): 1516-1522.  
(Dong P Y, Wang H W, Chen Y. Combining TOPSIS and GRA for emitter threat evaluation with interval number[J]. *Control and Decision*, 2021, 36(6): 1516-1522.)
- [8] 丁晨曦, 严爱军, 王殿辉. 城市生活垃圾焚烧过程二次风量智能优化设定方法[J]. *控制与决策*, 2024, 39(1): 49-58.  
(Ding C X, Yan A J, Wang D H. Intelligent optimal setting method of secondary air flow in municipal solid waste incineration process[J]. *Control and Decision*, 2024, 39(1): 49-58.)
- [9] Zhao Z, Chen J H, Yao J M, et al. An improved spatial case-based reasoning considering multiple spatial drivers of geographic events and its application in landslide susceptibility mapping[J]. *CATENA*, 2023, 223: 106940.
- [10] 姚鑫, 郭海湘, 顾明赞, 等. 基于案例推理的滑坡灾害应急相似案例智能生成研究[J]. *系统工程理论与实践*, 2021, 41(6): 1570-1584.  
(Yao X, Guo H X, Gu M Y, et al. Intelligent generation of similar case of landslide disaster emergency based on case-based reasoning[J]. *Systems Engineering—Theory & Practice*, 2021, 41(6): 1570-1584.)
- [11] 罗岚, 冯文强, 王建望, 等. 基于案例推理的重大工程项目复杂性治理策略研究[J]. *科技管理研究*, 2022, 42(19): 217-224.  
(Luo L, Feng W Q, Wang J W, et al. Research on complexity governance strategy of megaprojects based on case-based reasoning[J]. *Science and Technology Management Research*, 2022, 42(19): 217-224.)
- [12] 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.)
- [13] Moore R, Lodwick W. Interval analysis and fuzzy set theory[J]. *Fuzzy Sets and Systems*, 2003, 135(1): 5-9.
- [14] Pang Q, Wang H, Xu Z S. Probabilistic linguistic term sets in multi-attribute group decision making[J]. *Information Sciences*, 2016, 369: 128-143.
- [15] Lin M W, Wang H B, Xu Z S, et al. Clustering algorithms based on correlation coefficients for probabilistic linguistic term sets[J]. *International Journal of Intelligent Systems*, 2018, 33(12): 2402-2424.
- [16] Lin M W, Chen Z Y, Xu Z S, et al. Score function based on concentration degree for probabilistic linguistic term sets: An application to TOPSIS and VIKOR[J]. *Information Sciences*, 2021, 551: 270-290.
- [17] Du Y F, Liu D. A novel approach for probabilistic linguistic multiple attribute decision making based on dual muirhead mean operators and VIKOR[J]. *International Journal of Fuzzy Systems*, 2021, 23(1): 243-261.
- [18] Sugeno M. *Theory of fuzzy integrals and its applications*[D]. Tokyo: Department of Computational Intelligence and Systems Science, Tokyo Institute of Technology, 1974: 7-13.
- [19] 刘培德, 滕飞. 基于证据推理和广义Shapley值的扩展概率语言多属性群决策方法[J]. *中国管理科学*, 2020, 28(11): 206-218.  
(Liu P D, Teng F. Multiple attribute group decision-making method based on evidential reasoning and generalized Shapley for extended probabilistic linguistic term set[J]. *Chinese Journal of Management Science*, 2020, 28(11): 206-218.)
- [20] 杨绍闻, 党耀国, 王俊杰, 等. 灰色关联模型关联序结果的稳定性检验方法及应用[J]. *控制与决策*, 2023, 38(6): 1679-1686.  
(Yang S W, Dang Y G, Wang J J, et al. Stability test method and application of incidence order results of the grey incidence model[J]. *Control and Decision*, 2023, 38(6): 1679-1686.)
- [21] Zhang H R, Zhang Z Y, Zhou L X, et al. Case-based reasoning for hidden property analysis of judgment debtors[J]. *Mathematics*, 2021, 9(13): 1559.

## 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;

施佳(1999—), 女, 硕士生, 从事管理决策分析的研究, E-mail: 222421172@st.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;

林杰(1967—), 男, 教授, 博士, 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: linjie@tongji.edu.cn.