

融合案例检索和组合赋权的执行案件风险评估模型

胡紫娟, 林 杰, 吴双胜, 李 青

(同济大学 经济与管理学院, 上海 200092)

摘要: 面对执行部门“案多人少”的困境, 提出一种信息不确定环境下基于案例检索和组合赋权的执行案件风险评估方法。构建自然人为主体的执行案件风险评估指标体系, 然后引入考虑案件信息模糊性和可靠性的混合属性距离测度和相似度计算模型, 并利用偏差最小法优化属性的组合权重。设计一种兼顾主客观的动态相似度阈值确定方法, 并建立类案案例库, 以相似案件的执行结果估算目标案件的执行风险。最后, 通过算例和对比分析验证了评估模型的可行性和有效性。

关键词: 案例检索; Z-numbers; 组合赋权法; 动态阈值; 风险评估

中图分类号: F224.9

文献标志码: A

Case Risk Assessment Model Integrating Case Retrieval and Combined Weighting

HU Zijuan, LIN Jie, WU Shuangsheng, LI Qing

(School of Economics and Management, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: In view of the dilemma of “numerous cases and few people” in the enforcement department, a risk assessment method was proposed based on case retrieval and combined weighting in an environment of information uncertainty. Firstly, a natural person-based risk assessment index system was constructed. Secondly, a hybrid attribute distance measure and similarity calculation was introduced to take into account the ambiguity and reliability of case information, and the combined weights of attributes were optimized using the deviation minimization method. Then, a dynamic similarity threshold determination method was proposed to balance subjectivity and objectivity, and a case-like case database was constructed to estimate the

enforcement risk of the target case based on the execution results of similar cases. Finally, the feasibility and validity of the assessment model were verified through a case study and comparative analysis.

Key words: case retrieval; Z-numbers; combined weighting method; dynamic threshold; risk assessment

随着我国经济社会的快速发展和法制建设的不断深入, 基层人民法院受理案件数量呈现逐年增加态势。据最高人民法院统计, 2020 年全国法院受理执行案件 1 059.2 万件, 同比上升 1.7%^[1], 全国法院法官人均办案 225 件, 各地基层法院普遍面临执行部门“案多人少”的困境, 人案配比不合理的矛盾突出。然而, 在执行实践中, 由于被执行人无财产可供执行或者非法隐匿、转移财产以及抗拒执行等原因, 大量生效的法律文书得不到有效执行, “执行难”问题成为掣肘法院工作顺利进行的瓶颈。执行案件风险评估作为一种防范保障机制, 旨在执行前评估案件因被执行主体心理、财产状况等不确定因素不能执结或不能全部执结的可能性。面对复杂频发的执行案件, 如何构建科学合理的执行风险评估方法, 是及时保障当事人合法权益、维护法律权威和司法公信力的重要研究课题。

目前围绕执行案件的研究, 主要聚焦于无财产可供执行案件的退出机制设计和执行风险的定性分析。赵一戎^[2]通过对云南省某重型监狱进行实地研究所获得的实际情况入手, 分析了没收个人全部财产“执行难”的客观困境, 提出了解决当前困境的思路和方法。曾祥生^[3]以被执行人为自然人的无财产案件为研究对象, 提出了持续执行、单独管理与退出机制相衔接的管理机制。天津市北辰区人民检察院

收稿日期: 2021-09-02

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFC0830400)

第一作者: 胡紫娟(1991—), 女, 博士生, 主要研究方向为数据驱动的管理与决策方法。E-mail: zijuan_hu@163.com

通信作者: 林 杰(1967—), 男, 教授, 博士生导师, 管理学博士, 主要研究方向为决策支持系统、商务智能。

E-mail: linjie@tongji.edu.cn



论文
拓展
介绍

课题组^[4]梳理了检察环节执法办案过程中可能存在的现实风险、处置风险、舆情风险,同时风险具有不确定性、可预见性和一定程度的可控性。为数不多的对案件风险进行量化分析的研究仅利用模糊综合评价和聚类分析。刘明辉^[5]利用K-means聚类方法对闵行系统恐怖袭击案件进行风险评估,计算出几类袭击方式和袭击目标的风险。卢子涵等^[6]提取了“案发实践”“案发地点”“选择对象”“职工月平均工资”等7个定量特征,用不同的机器学习分类算法对侵财类案件的危害程度进行风险预测。鲜有研究针对司法执行案件构建风险评估的指标体系和量化建模分析,同时现有风险评估方法仅考虑了案件的定量指标,在规避执行的案件中,被执行人的很多行为属性往往无法定量描述,如异常消费行为、征信情况等特征都只能定性评估。鉴于此,本研究旨在提出一种兼顾定量和定性特征的异质多属性执行案件风险评估模型。

案例推理是人工智能领域基于知识的问题求解和学习方法,通过检索历史相似案例和解决方案来指导当前问题的解决。案例检索、案例重用、案例修改和案例存储构成了整个案例推理循环^[7]。案例检索作为案例推理的关键环节,旨在最短时间从案例库中识别出问题描述最相似的案例,提高目标问题的求解效率和推理准确性。案例检索技术在医疗诊断^[8]、服务设计^[9]、运输路径优化^[10]等领域已有丰富的研究成果,但是鲜有将其应用于司法案件执行领域,辅助案件执结。现有案例检索方法在应用过程中仍存在一些局限性。针对混合异质信息的案例检索问题,主要考虑精确数、区间数、模糊数共存的决策情形,对被执行人规避执行案件这类信息不对称性强、决策专家认知信息有限的复杂不确定性决策问题,尚未有研究考虑专家评估信息的可靠性。针对案例推理中的权值确定问题,大部分研究假设权重信息由专家提前给定^[11]或者利用熵权法^[12]、支持度^[13]等方法确定属性客观权重,这些完全依靠专家主观预判或仅依靠数据特征来确定属性权重的方法,评估结果的合理性和结果的区分度难以保证。组合赋权法由于其兼顾主客观确权方法的优势在多属性决策领域受到了越来越多的关注。文献[14]中采用层次分析法(AHP)和CRITIC(criteria importance though intercriteria correlation)方法获得主客观权重后通过算式平均和线性加权法得到组合权重,文献[15]中利用乘法归一法获得主客观组合权重,但是上述主客观权重集结规则的可解释性较

弱。如何确定合理的相似度阈值也是提高案例检索效率的关键,当前鲜有研究关注相似度阈值确定问题。文献[16]中由专家确定局部相似度阈值和综合相似度阈值来筛选有效案例。文献[17]中将最大与最小相似度之间的前三分之一对应的案例相似度设置为综合相似度阈值。这些完全依靠专家经验判断或简单遵循的“绝大多数原则”设置阈值,难以兼顾类案提取结果的合理性和区分度。

针对上述问题,提出了一种融合案例检索技术和异质多属性组合赋权方法的执行案件风险评估模型。首先,在建立执行案件风险评估指标体系的基础上,利用5种数据形式表征案件的定量和定性评估信息,其中引入Z-numbers来刻画评估信息的不确定性和可靠性;其次,设计了一种基于最小偏差的属性组合赋权方法,在充分利用主客观赋权优势的同时保证2种赋权方法的一致性;然后,开发了一种动态阈值确定方法,在兼顾专家经验的同时适应实际数据变化情况下的阈值更新;最后,构建相似案例库,预判目标案件执行风险。

1 理论基础

1.1 语言变量

设 $S_\theta = \{s_{\theta\gamma} | \gamma = 1, 2, \dots, T\}$ 是有限且完全有序的语言变量集合,其中 $s_{\theta\gamma}$ 表示语言变量集 S_θ 中的第 γ 个语言值, T 是奇数。 S_θ 具有以下性质:

- (1) S_θ 为有序集,若 $i > j$ 则 $s_{\theta i} \geq s_{\theta j}$ 。
- (2) 存在负算子 $\text{Neg}(s_{\theta i}) = s_{\theta j}$,其中 $j = T - i$ 。
- (3) 存在最大、最小算子。若 $s_{\theta i} \geq s_{\theta j}$,则 $\max(s_{\theta i}, s_{\theta j}) = s_{\theta i}$;若 $s_{\theta i} < s_{\theta j}$,则 $\min(s_{\theta i}, s_{\theta j}) = s_{\theta i}$ 。

通常语言变量用来描述属性的模糊性特征。例如,当 $T=5$ 时, $S_\theta = \{s_{\theta 1}, s_{\theta 2}, s_{\theta 3}, s_{\theta 4}, s_{\theta 5}\}$ 。

1.2 Z-numbers

Z-numbers是Zadeh^[18]在2011年提出的一种可以同时考虑认知不确定性和可靠性的信息表征方式。Z-numbers由一组有序的模糊数对表示,记为 $Z = (A, B)$,用于描述不确定变量,其中 A 是对目标变量 X 的不确定约束,而 B 是对 A 可靠性的模糊估计。Z-numbers作为一种新兴的不确定信息表达方式,尤其适合复杂不确定环境,表征决策者评价值的可靠性^[19]。在本研究中,使用Z-numbers刻画执行风险评估结果的模糊性和可靠性。例如,当执行法官比较确定被执行人的消费行为非常异常时,则属性评估值可以用Z-numbers(非常异常,比较确定)来描

述。2个语言变量分别采用常见的三角模糊数和梯形模糊数表示^[20],依次表示为 $A=(a_1, a_2, a_3, a_4)$ 和 $B=(b_1, b_2, b_3)$ 。

2 执行案件风险评估指标

基于现有文献分析和法院实地调研成果,将自然人为主体的执行案件作为研究对象,初步提出执行案件风险评估指标。主要参考了隐匿涉案财产案件的被执行人画像^[21]、北京市失信被执行人统计数据^[22]以及个人信用风险主要影响因素等相关理论研究^[23-24],同时结合了中国裁判文书网、中国执行信息公开网、法信网披露的海量实际执行案件特征,在相关专家的指导下构建了执行风险评估的三级指标体系(见表1),从案件特征和案件主体特征2个视

角,社会、经济和信用3个方面对执行案件进行特征描述。

鉴于现实风险评估问题的复杂性和不确定性,评估指标包含定性和定量指标。涉案金额在判决书中明确指出,属于唯一的精确数;被执行的财产包括动产和不动产,很难给出具体的数字,往往以区间数表示。定性变量可以进一步细分,具体案由、教育水平、婚姻状况、工作性质通过数据编码都可以表示为精确符号/分类变量;历史信誉和历史诉讼情况可以根据个人征信报告及法院案件查询系统给出初步判断,这种定性评估往往用模糊语言术语来表示;交易行为和消费水平由申请被执行人和相关执行人主动申报,专家依据其办案经验给出主观评估,因此需要考虑专家主观评估的可靠性,适合用Z-numbers表征属性值。

表1 执行案件风险评估指标体系

Tab.1 Risk assessment index system for enforcement cases

符号	一级指标	二级指标	指标说明	数据类型	
Q_1	执行案件	具体案由	劳动纠纷、合同纠纷、离婚纠纷、民间借贷纠纷、侵权纠纷等,依次编码为1,2,3,4,5,...	精确符号	
Q_2		涉案金额	生效法律文书中判决的执行金额	精确数	
Q_3	社会属性	教育水平	高中及以下、专科、本科、研究生及上4类,依次编码为1,2,3,4	精确符号	
Q_4		婚姻状况	未婚、已婚无孩、已婚有孩、离婚无孩、离婚有孩,依次编码为1,2,3,4,5	精确符号	
Q_5		工作性质	国企或事业单位、私企、个体户、待业,依次编码为1,2,3,4	精确符号	
Q_6	被执行人	财产状况	被执行人向法院申报的个人可供执行的银行存款、动产、不动产等财产估算金额	区间数	
Q_7		经济属性	交易行为	诉讼期是否出现银行流水异常、低价转让财产、不动产过户、购买高额保险等异常行为	Z-numbers
Q_8		消费水平	根据申请执行人及相关知情人员反馈被执行人在诉讼期间的消费结构及消费习惯	Z-numbers	
Q_9	信用属性	历史信誉	被执行人在央行征信系统及其他交易平台上的个人征信情况	语言变量	
Q_{10}		历史诉讼	被执行人作为被告的历史诉讼情况可作为其信用考量依据	语言变量	

3 基于案例检索和组合赋权的执行案件风险评估方法

案例检索是案例推理的关键环节,根据案件整体相似度检索有决策参考价值的历史案例库。针对多种异质属性共存的多属性决策问题,提出一种基于案例检索和组合赋权的执行案件风险评估方法。方法实现涵盖4个阶段:第一阶段,根据案例推理理论进行案件表示;第二阶段,分别给出5种类型属性的距离计算方法;第三阶段,在考虑属性间相关性的基础上利用CRITIC方法获得属性间的客观权重,利用G1法确定主观权重,并利用最小偏差法得到组合权重;第四阶段,在目标案件和历史案件全局相似度计算的基础上,以动态阈值法为分类准则,提取有参考价值的相似历史案件以建立相似案例库,利用相似历史案例中的隐匿财产结果,计算目标案件中被执行人隐匿财产的模糊概率。评估方法框架如图

1所示。

3.1 案件表示

利用有序二元组对历史执行案件和目标执行案件进行结构化表示,记为“案件= $\langle \langle \text{执行案件特征}, \text{执行结果} \rangle \rangle$ ”,其中执行案件特征涵盖表1中10种属性,执行结果指案件是否顺利执行以及具体规避执行的方式。

假设历史执行案件集和目标案件分别用 $X=\{X_1, X_2, \dots, X_m\}$ 和 X_0 表示,其中 X_i 表示第 i 个历史执行案件, $i \in M=\{1, 2, 3, \dots, m\}$ 。案件特征属性集用 $Q=\{Q_1, Q_2, \dots, Q_n\}$ 表示,其中 Q_j 为第 j 个特征属性, $j \in N=\{1, 2, 3, \dots, n\}$, $w=(w_1, w_2, \dots, w_n)^T$ 为属性集 Q 对应的权重向量,满足 $0 \leq w_i \leq 1$ 和 $\sum_{j=1}^n w_j = 1$ 。历史执行案件 X_i 和目标案件 X_0 在属性 Q_j 下的评估值分别用 a_{ij} 和 a_{0j} 表示。 $R=\{r_1, r_2, \dots, r_m\}$ 和 r_0 表示历史案件和目标案件的最终

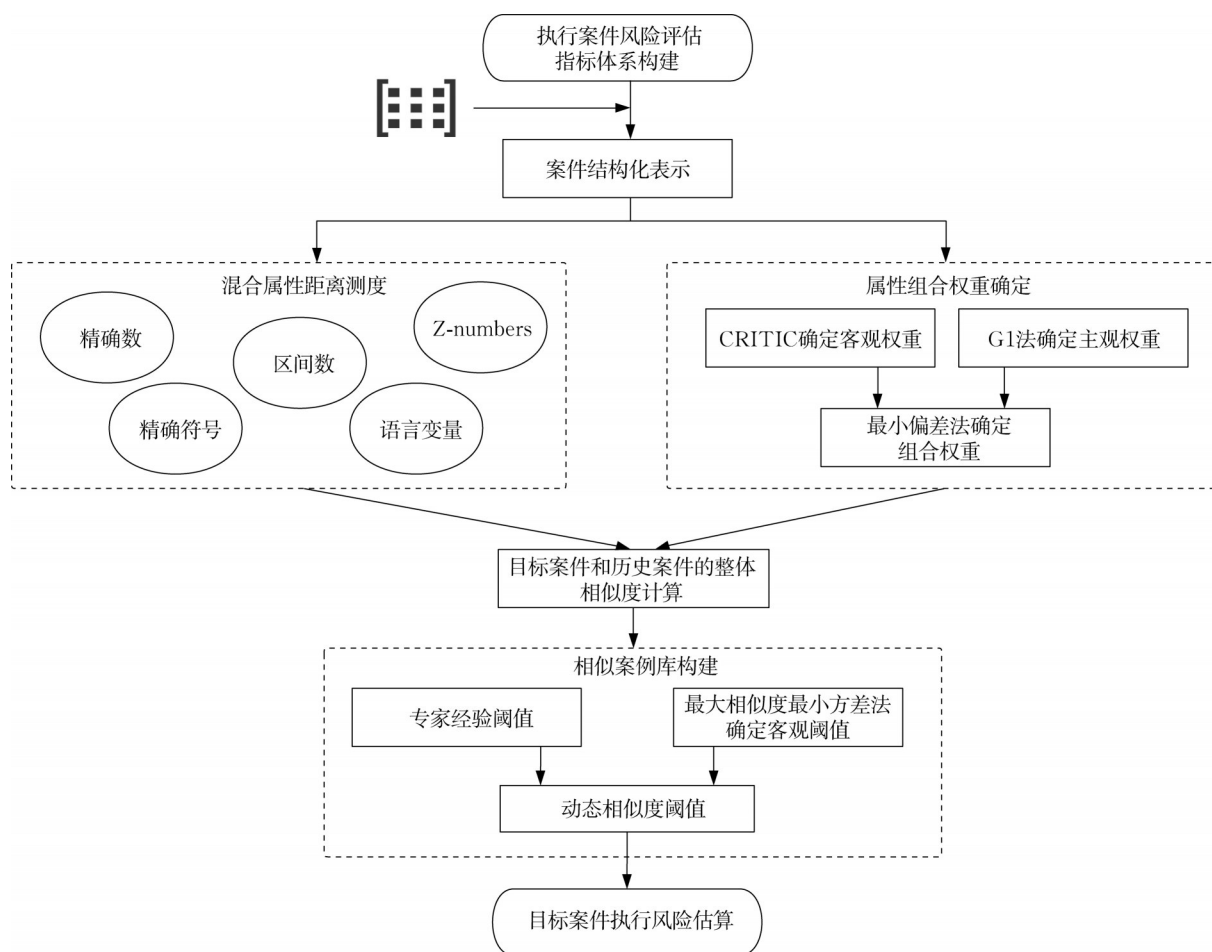


图1 基于案例检索和组合赋权的执行案件风险评估流程

Fig.1 Flow chart of case risk assessment based on case retrieval and combined weighting

执行结果,其中 r_0 暂且未知,正是执行风险评估的对象。综上,历史执行案件和目标执行案件可以用表2进行结构化表示。

表2 历史执行案件和目标执行案件的结构化表示

Tab.2 Structured representation of historical and target cases

案件编号	执行案件特征				执行结果
	Q_1	Q_2	...	Q_n	
X_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}	r_1
X_2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2n}	r_2
\vdots	\vdots	\vdots	...	\vdots	\vdots
X_m	a_{m1}	a_{m2}	...	a_{mn}	r_m
X_0	a_{01}	a_{02}	...	a_{0n}	r_0 (未知)

3.2 案件混合属性距离测度方法

假设 J_1, J_2, J_3, J_4, J_5 都是 Q 的子集, $J_1, J_2, J_3, J_4, J_5 \in Q$ 依次表示精确数型指标集合、精确符号型属性集合、区间数型属性集合、语言变量型属性集合以及 Z-numbers 型属性集合。 I_1, I_2 也是 Q 的子集, $I_1, I_2 \in Q$, I_1, I_2 分别表示属性值越大越好的效益型属性和属性值越小越好的成本型属性。

计算历史执行案件 X_i 和目标执行案件 X_0 在属性 Q_j 下的评估值,分别用 a_{ij} 和 a_{0j} 表示。属性距离为 $d_j(X_i, X_0)$,当属性 Q_j 分别为下列5种异质信息形式时,属性距离测度方法如下所示:

(1)属性 Q_j 为精确数, $j \in J_1$

$$d_j(X_i, X_0) = \frac{\sqrt{(a_{ij} - a_{0j})^2}}{\max_i \{ \sqrt{(a_{ij} - a_{0j})^2} \}}, i \in [1, m] \quad (1)$$

(2)属性 Q_j 为精确符号, $j \in J_2$

考虑到不同精确符号型属性实际含义的区别,进一步细分为平行分类属性和层次分类属性,并相应提出2种属性距离测度方法。

对于平行分类属性,如具体案由、工作性质、婚姻状况,属性距离可表示为

$$d_j(X_i, X_0) = \begin{cases} 0, & a_{ij} = a_{0j}, i \in [1, m] \\ 1, & a_{ij} \neq a_{0j}, i \in [1, m] \end{cases} \quad (2)$$

对于层次分类属性,如教育水平,属性距离可表示为

$$d_j(X_i, X_0) = \begin{cases} 0, a_{ij} = a_{0j}, i \in [1, m] \\ \frac{\sqrt{(a_{ij} - a_{0j})^2}}{\max_i \{ \sqrt{(a_{ij} - a_{0j})^2} \}}, a_{ij} \neq a_{0j}, i \in [1, m] \end{cases} \quad (3)$$

(3)属性 Q_j 为区间数, $j \in J_3$

假设历史执行案件 X_i 和目标执行案件 X_0 关于属性 Q_j 的区间属性值可表示为 $a_{ij} = [\underline{a}_{ij}, \overline{a}_{ij}]$ 和 $a_{0j} = [\underline{a}_{0j}, \overline{a}_{0j}]$,属性距离如下所示:

$$d_j(X_i, X_0) = \frac{\sqrt{(\underline{a}_{ij} - \underline{a}_{0j})^2 + (\overline{a}_{ij} - \overline{a}_{0j})^2}}{\sqrt{\max_i (\underline{a}_{ij} - \underline{a}_{0j})^2 + \max_i (\overline{a}_{ij} - \overline{a}_{0j})^2}}, i \in [1, m] \quad (4)$$

$$d_j(X_i, X_0) = \frac{\sqrt{(a_{ij1} - a_{0j1})^2 + (a_{ij2} - a_{0j2})^2 + (a_{ij3} - a_{0j3})^2}}{\max_i \{ \sqrt{(a_{ij1} - a_{0j1})^2 + (a_{ij2} - a_{0j2})^2 + (a_{ij3} - a_{0j3})^2} \}}, i \in [1, m] \quad (6)$$

(5)属性 j 为Z-numbers, $j \in J_5$

$Z = (A, B)$, A 和 B 的隶属度函数分别为 $u_{A_j}(x)$ 和 $u_{B_j}(x)$ 。目前对Z-numbers不确定信息直接处理的过程较为复杂,不利于实际广泛应用,因此已有研究^[20]中的常见做法是在Z-numbers标准化的基础上,将Z-numbers不确定信息转化为模糊数,再进行后续处理。本研究也基于同样的思路,利用步骤1—4先将Z-numbers形式的信息转化为模糊数,然后在步骤5基于模糊数测度Z-numbers的属性距离。

步骤1 将数据进行标准化,表达式如下所示:

$$Z_{ij} = (A_{ij}, B_{ij}) = \begin{cases} (A_{ij}, B_{ij}), j \in \{I_1 \cap J_5\} \\ ((A_{ij})_c, B_{ij}), j \in \{I_2 \cap J_5\} \end{cases} \quad (7)$$

式中: $(A_{ij})_c$ 表示 A_{ij} 的补集, $(A_{ij})_c = A_{i(n+1-j)}$

步骤2 利用重心法将可靠部分 B 转化为精确数 τ ,表达式如下所示:

$$\tau = \frac{\int x u_{B_j}(x) dx}{\int u_{B_j}(x) dx} \quad (8)$$

$$d_j(X_i, X_0) = \frac{\sqrt{(a_{ij1} - a_{0j1})^2 + (a_{ij2} - a_{0j2})^2 + (a_{ij3} - a_{0j3})^2 + (a_{ij4} - a_{0j4})^2}}{\max_i \{ \sqrt{(a_{ij1} - a_{0j1})^2 + (a_{ij2} - a_{0j2})^2 + (a_{ij3} - a_{0j3})^2 + (a_{ij4} - a_{0j4})^2} \}} \quad (11)$$

3.3 基于最小偏差的案件属性权重确定方法

主观赋权法是由决策专家根据现实问题的实际情况确定属性权重的方法,但由于完全依靠专家的主观判断,容易受到专家个人偏好的影响。客观赋权法是依据属性值反映的信息量和属性值之间的客观联系确定属性权重,有时与实际属性重要程度之间存在较大偏差。因此,综合利用两者优势,提

式中: $\underline{\cdot}$ 和 $\overline{\cdot}$ 分别表示区间数的下界和上界。

(4)属性 Q_j 为语言变量, $j \in J_4$

为了简化语言变量的计算,依据文献[25],语言变量 s_{θ_j} 可以转化为三角模糊数 $(s_{\theta_j1}, s_{\theta_j2}, s_{\theta_j3})$,表达式如下所示:

$$s_{\theta_j} = (s_{\theta_j1}, s_{\theta_j2}, s_{\theta_j3}) = \left(\max \left(\frac{\gamma - 1}{T}, 0 \right), \frac{\gamma}{T}, \min \left(\frac{\gamma + 1}{T}, 1 \right) \right) \quad (5)$$

假设历史执行案件 X_i 和目标执行案件 X_0 关于属性 Q_j 的语言变量型属性值通过式(5)转化为三角模糊数 $a_{ij} = (a_{ij1}, a_{ij2}, a_{ij3})$ 和 $a_{0j} = (a_{0j1}, a_{0j2}, a_{0j3})$,则两者的属性距离可表示为

步骤3 将精确数加乘到约束部分上,转化为不规则模糊数,表达式如下所示:

$$u_{A_j^*} = \tau u_{A_j}(x), x \in [0, 1] \quad (9)$$

式中: $u_{A_j^*}$ 为约束部分 A 的隶属度函数乘以 τ 后 A^* 的隶属度函数。

步骤4 通过模糊期望不变将不规则模糊数转化为经典模糊数,表达式如下所示:

$$Z'_{ij} = \left\{ \left\langle x, u_{z'_i} \right\rangle \mid u_{z'_i} = u_{A_j} \left(\frac{x}{\sqrt{\tau}} \right), x \in [0, 1] \right\} \quad (10)$$

式中: Z'_{ij} 为转化后的模糊数; $u_{z'_i}$ 为转化后经典模糊数的隶属度函数。

步骤5 计算Z-numbers型属性距离测度。假设经过步骤1—4转化后历史执行案件 X_i 和目标执行案件 X_0 关于属性 Q_j 的Z-numbers型属性值分别表征为梯形模糊数 $a_{ij} = \tilde{Z}_{ij} = (a_{ij1}, a_{ij2}, a_{ij3}, a_{ij4})$ 和 $a_{0j} = \tilde{Z}_{0j} = (a_{0j1}, a_{0j2}, a_{0j3}, a_{0j4})$,则属性距离定义如下所示:

出基于最小偏差的属性组合赋权方法。

3.3.1 基于CRITIC的客观赋权

CRITIC客观赋权法的特点是能够同时反映属性对比强度和属性间冲突性。分别采用属性的标准差描述对比强度,属性间的皮尔逊相关性反衬冲突性。近年来,CRITIC客观赋权法在信用评估、学术期刊综合评价^[15]等领域得到了较好应用。设 c_j 为属

性 Q_j 的信息量,信息量越大属性的相对重要性越大,表达式如下所示:

$$c_j = \sigma_j \sum_{h=1}^n (1 - \rho_{jh}) \quad (12)$$

式中: σ_j 为所有评价对象在属性 Q_j 上评估值的差异,通常用标准差表示; ρ_{jh} 为属性 Q_j 和属性 Q_h 的相关系数。 ρ_{jh} 和 σ_j 可分别表示为

$$\rho_{jh} = \frac{\sum_{i=1}^m (a_{ij} - \bar{a}_j)(a_{ih} - \bar{a}_h)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (a_{ij} - \bar{a}_j)^2 \sum_{i=1}^m (a_{ih} - \bar{a}_h)^2}} \quad (13)$$

$$\sigma_j = \sqrt{\sum_{i=1}^m (a_{ij} - \bar{a}_j)^2 / (m - 1)} \quad (14)$$

式中: a_{ij} 为评估对象 X_i 关于属性 Q_j 的评估值; \bar{a}_j 和 \bar{a}_h 分别为属性 Q_j 和属性 Q_h 的均值。基于CRITIC客观赋权的属性权重 μ_{lj} 表示为

$$\mu_{lj} = \frac{c_j}{\sum_{j=1}^n c_j} \quad (15)$$

3.3.2 基于G1法的主观赋权

G1法是一种改进的层次分析法,计算简单,而且省去了层次分析法中的一致性检验环节。该方法先对各评价属性按照重要性程度进行定性排序,然后由专家依次确定相邻属性之间的相对重要程度 β_j ,最后由属性相对重要性和属性排序关系计算主观权重。根据专家给出的 β_j 和下式得到客观权重 μ_{2j} :

$$\mu_{2j} = \left(1 + \sum_{l=2}^j \prod_{h=l}^j \beta_h \right)^{-1} \quad (16)$$

式中: μ_{2j} 为G1法确定的属性 Q_j 的主观权重; β_h 为专家针对属性 Q_{h-1} 相较于属性 Q_h 的重要程度评分(j 越小,对应的属性越重要)。

3.3.3 基于最小偏差的案件属性组合赋权法

假设对于 n 个评估属性,共有 q 种包含主观和客观的权重确定方法,每种权重向量表示为 $\mu_k, k=1, 2, \dots, q$,则权重向量满足以下条件:

$$\begin{cases} \mu_k = (\mu_{k1}, \mu_{k2}, \dots, \mu_{kn})^T, j=1, 2, \dots, n \\ \sum_{j=1}^n \mu_{kj} = 1 \end{cases}$$

组合权重 $w_j = \sum_{k=1}^q \alpha_k \mu_{kj} (j=1, 2, \dots, n)$, α_k 表示

对第 k 种权重确定方法的偏好程度。为避免人为确定参数的主观性,尽可能保证组合权重与主客观权

重结果高度一致,以组合后的主客观权重偏差最小为目标函数,建立如下权重优化模型:

$$\begin{aligned} \min S &= \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^q \sum_{\substack{l=1 \\ l \neq k}}^q (\alpha_k \mu_{kj} - \alpha_l \mu_{lj})^2 \\ \text{s.t.} &\begin{cases} \sum_{k=1}^q \alpha_k = 1 \\ \alpha_k \geq 0, k=1, 2, \dots, q \end{cases} \end{aligned} \quad (17)$$

式中: μ_{kj} 和 μ_{lj} 分别为第 k 种和第 l 种方法得到的属性 Q_j 的权重; α_k 和 α_l 分别为对第 k 种和第 l 种方法的偏好程度。

上述模型通过构建拉格朗日函数求解,如下所示:

$$L(\alpha, \lambda) = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^q \sum_{\substack{l=1 \\ l \neq k}}^q (\alpha_k \mu_{kj} - \alpha_l \mu_{lj})^2 + \lambda \left(\sum_{k=1}^q \alpha_k - 1 \right) \quad (18)$$

式中: λ 为拉格朗日乘子。此时 $q=2$,分别对 α_k 和 λ 求偏导,可得权重最优值。

将2种权重方法下属性权重具体数值 μ_{1j} 和 μ_{2j} 代入,可以得到最优的偏好程度 α_1 和 α_2 。最终的属性权重表示为

$$w_j = \alpha_1 \mu_{1j} + \alpha_2 \mu_{2j} \quad (19)$$

3.4 目标执行案件与历史执行案件全局相似度计算

(1)定义一种属性距离与相似度的转化方法,如下所示:

$$\text{sim}(X_{ij}, X_{0j}) = \cos\left(\frac{\pi}{2} d_{ij}(X_{ij}, X_{0j})\right) \quad (20)$$

式中: $\text{sim}(X_{ij}, X_{0j})$ 表示历史执行案件 X_i 与目标执行案件 X_0 在属性 Q_j 上的相似度。余弦函数在值域 $[0, 1]$ 上单调递减,即距离越大,相似度越小。

(2)对各属性相似度进行加权集成,得到目标执行案件 X_0 与历史执行案件 X_i 的整体相似度,如下所示:

$$\text{sim}(X_0, X_i) = \sum_{j=1}^n w_j \text{sim}(X_{ij}, X_{0j}) \quad (21)$$

式中: $\text{sim}(X_0, X_i)$ 表示目标执行案件 X_0 和历史执行案件 X_i 的整体相似度; w_j 表示第 j 个属性的组合权重,满足 $\sum_{j=1}^n w_j = 1, 0 \leq \text{sim}(X_0, X_i) \leq 1$ 。

3.5 基于动态相似度阈值的类案案例库构建

提取历史案件库中与目标执行案件相似度较高的历史案件,构建相似案例库。已有研究大多是基于专家经验知识确定相似度阈值,这种方法完全受

限于专家的主观判断^[11],没有考虑实际案件相似度的分布结构,难以保证结果的准确性。因此,综合考虑专家历史经验和实际案件相似度的分布情况,设计一种动态相似度阈值确定方法,兼顾方法的可操作性和合理性。一方面,兼顾了专家经验确定的经验阈值 ξ ;另一方面,以最大相似度最小方差法确定客观阈值 σ ,随着历史执行案例的不断丰富,相似度客观阈值 σ 动态更新。最终案件动态相似度阈值 ϵ 的计算式如下所示:

$$\epsilon = \min \{ \sigma, \text{sim}^{(+)} + \xi (\text{sim}^{(+)} - \text{sim}^{(-)}) \} \quad (22)$$

$$\text{sim}^{(+)} = \max \{ \text{sim}(X_0, X_i) | i \in M \}$$

$$\text{sim}^{(-)} = \min \{ \text{sim}(X_0, X_i) | i \in M \}$$

最大相似度最小方差法确定动态变化的相似度客观阈值 σ ,求解过程分为以下2个步骤:

(1)将现有历史执行案件根据与目标执行案件的整体相似度从大到小排序,依次编号 $Y_i, i=1, 2, \dots, n$,其中 Y_1 表示与目标执行案件相似度最高的历史执行案件, Y_2 表示与目标执行案件相似度次高的历史执行案件,依此类推, Y_n 表示与目标执行案件相似度最低的历史执行案件。

(2)基于样本方差最小原则,建立如下优化模型:

$$\min_p U = \frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p \left(\text{sim}_i - \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p \text{sim}_i \right)^2, p \in [2, n] \quad (23)$$

式中: sim_i 表示第 Y_i 个案件与目标执行案件的相似度。客观阈值 σ 即为最优值 p 对应的相似度, $\sigma = \text{sim}_p$ 。

最后,根据式(22)得到案件的动态相似度阈值 ϵ 。当 $\text{sim}_i \geq \epsilon$ 时,意味着该历史执行案件与目标执行案件相似度高,可借鉴意义较强,因此将该案件提取出来。参照此原则,将所有大于等于动态相似度阈值 ϵ 的历史执行案件提取,并构建相似历史执行案例集

X_{sim} ,如下所示:

$$X_{\text{sim}} = \{ X_i | i \in M_{\text{sim}} \} \quad (24)$$

$$M_{\text{sim}} = \{ i | \text{sim}_i \geq \epsilon \} \quad (25)$$

3.6 目标案件执行风险估算

依据类案案例库中历史案件的执行结果及相似度,得到目标执行案件的执行风险 P_0 ,计算式如下所示:

$$P_0 = \frac{\sum_{i \in M_{\text{sim}}} r_i \times \text{sim}_i}{N_{\text{sim}}} \quad (26)$$

式中: N_{sim} 为类案数量。 $r_i=1$ 表示历史案例 i 中被执行人未执行,并且存在隐匿、转移财产行为; $r_i=0$ 表示经查实历史案例 i 中被执行人确实无执行能力,无隐匿行为。

4 算例分析

假设现有一起借贷纠纷引起的被执行人隐匿财产案件 X_0 有待进一步查控执结,从已执结的被执行人规避执行案件库中随机选取10个历史执行案件(X_1-X_{10})来评估目标案件的执行风险,即评估目标案件通过非法规避执行,导致案件不能顺利执行的概率。案件分别用具体案由、涉案金额、教育水平、婚姻状况、工作性质、财产状况、交易行为、消费水平、历史信誉和历史诉讼10个案件典型特征描述。首先将10个历史执行案件结构化表示(见表3),形成决策矩阵(见表4)。

根据式(1)~(11)计算不同信息形式表征下历史执行案件与目标执行案件间的属性距离,如表5所示。

通过G1法与CRITIC法分别计算属性的主客观权重,并利用式(17)的最小偏差优化模型计算2种主客观偏好系数,依据式(19)得到属性的组合权重,结果如图2所示。

基于偏差最小的客观和主观偏好系数分别为

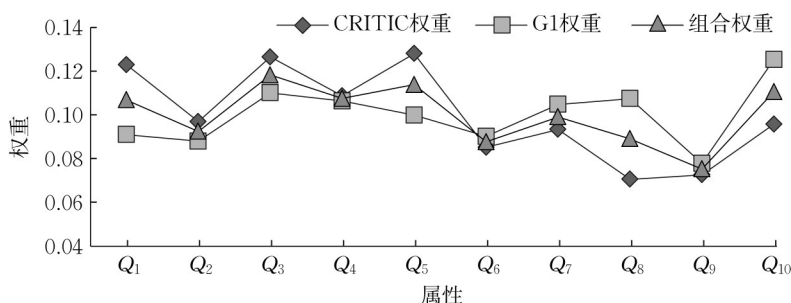


图2 基于最小偏差的组合权重

Fig.2 Combined weights based on minimum deviation

表 3 案件表示

Tab.3 Case representation

案件	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	Q ₈	Q ₉	Q ₁₀	执行结果
X ₁	合同纠纷	16.2	专科	离异有孩	私企	[9.0,10.0]	(比较异常,比较确定)	(较高,确定)	较差	一般	未执行,隐匿/转移
X ₂	借贷纠纷	8.0	专科	未婚	私企	[5.2,5.6]	(无异常,确定)	(一般,比较确定)	一般	少	执行
X ₃	合同纠纷	9.0	高中及以下	已婚有孩	待业	[5.0,7.0]	(无异常,比较确定)	(一般,确定)	较好	少	执行
X ₄	劳动纠纷	8.0	专科	离异有孩	私企	[4.0,4.8]	(非常异常,确定)	(较高,一般确定)	很差	较多	未执行,隐匿/转移
X ₅	合同纠纷	14.0	高中及以下	已婚有孩	个体户	[6.0,8.0]	(一般异常,确定)	(高,比较确定)	较差	较多	未执行,隐匿/转移
X ₆	劳动纠纷	9.5	专科	已婚有孩	个体户	[7.3,8.5]	(较少异常,确定)	(一般,比较确定)	较好	少	执行
X ₇	借贷纠纷	15.0	本科	已婚有孩	私企	[10.9,13.1]	(较少异常,确定)	(一般,比较确定)	较好	少	执行
X ₈	借贷纠纷	10.0	高中及以下	离异有孩	私企	[7.6,7.8]	(非常异常,比较确定)	(较高,比较确定)	一般	较多	未执行,隐匿/转移
X ₉	合同纠纷	10.8	本科	已婚有孩	个体户	[7.1,8.3]	(较少异常,比较确定)	(一般,比较确定)	较好	一般	执行
X ₁₀	离婚纠纷	17.0	专科	离异有孩	待业	[12.0,13.4]	(比较异常,比较确定)	(较高,一般确定)	较差	较多	未执行,隐匿/转移
X ₀	借贷纠纷	7.5	专科	离异有孩	私企	[5.0,5.3]	(比较异常,比较确定)	(较高,比较确定)	一般	一般	未知

表 4 决策矩阵

Tab.4 Decision matrix

案件	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄	Q ₅	Q ₆	Q ₇	Q ₈	Q ₉	Q ₁₀
X ₁	2	16.2	2	5	2	[9.0,10.0]	((0.6,0.7,0.8,0.9),(0.5,0.7,0.9))	((0.6,0.7,0.8,0.9),(0.7,0.9,1.0))	(0.5,0.7,0.9)	(0.3,0.5,0.7)
X ₂	4	8.0	2	1	2	[5.2,5.6]	((0.0,0.1,0.2,0.3),(0.7,0.9,1.0))	((0.4,0.5,0.6,0.7),(0.5,0.7,0.9))	(0.3,0.5,0.7)	(0.0,0.1,0.3)
X ₃	2	9.0	1	3	4	[5.0,7.0]	((0.0,0.1,0.2,0.3),(0.5,0.7,0.9))	((0.4,0.5,0.6,0.7),(0.5,0.7,0.9))	(0.1,0.3,0.5)	(0.0,0.1,0.3)
X ₄	1	8.0	2	5	2	[4.0,4.8]	((0.8,0.9,1.0,1.0),(0.7,0.9,1.0))	((0.6,0.7,0.8,0.9),(0.3,0.5,0.7))	(0.7,0.9,1.0)	(0.5,0.7,0.9)
X ₅	2	14.0	1	3	3	[6.0,8.0]	((0.4,0.5,0.6,0.7),(0.7,0.9,1.0))	((0.8,0.9,1.0,1.0),(0.5,0.7,0.9))	(0.5,0.7,0.9)	(0.5,0.7,0.9)
X ₆	1	9.5	2	3	3	[7.3,8.5]	((0.2,0.3,0.4,0.5),(0.7,0.9,1.0))	((0.4,0.5,0.6,0.7),(0.5,0.7,0.9))	(0.1,0.3,0.5)	(0.0,0.1,0.3)
X ₇	4	15.0	3	3	2	[10.9,13.1]	((0.2,0.3,0.4,0.5),(0.7,0.9,1.0))	((0.4,0.5,0.6,0.7),(0.5,0.7,0.9))	(0.1,0.3,0.5)	(0.0,0.1,0.3)
X ₈	4	10.0	1	5	4	[7.6,7.8]	((0.8,0.9,1.0,1.0),(0.5,0.7,0.9))	((0.6,0.7,0.8,0.9),(0.5,0.7,0.9))	(0.3,0.5,0.7)	(0.5,0.7,0.9)
X ₉	2	10.8	3	3	3	[7.1,8.3]	((0.2,0.3,0.4,0.5),(0.5,0.7,0.9))	((0.4,0.5,0.6,0.7),(0.5,0.7,0.9))	(0.1,0.3,0.5)	(0.3,0.5,0.7)
X ₁₀	3	17.0	2	5	4	[12.0,13.4]	((0.6,0.7,0.8,0.9),(0.5,0.7,0.9))	((0.6,0.7,0.8,0.9),(0.3,0.5,0.7))	(0.5,0.7,0.9)	(0.5,0.7,0.9)
X ₀	4	7.5	2	5	2	[5.0,5.3]	((0.6,0.7,0.8,0.9),(0.5,0.7,0.9))	((0.6,0.7,0.8,0.9),(0.5,0.7,0.9))	(0.3,0.5,0.7)	(0.5,0.7,0.9)

$\alpha_1=0.497$ 和 $\alpha_2=0.503$ 。从图 2 可以看出,G1 法与 CRITIC 法得到的结果虽然数值有差别,但是不同属性之间的相对大小基本一致,而组合权重法正好兼顾了两者的优势,说明了所提出的基于最小偏差的组合赋权法的合理性。

根据式(20),可将目标执行案件与历史执行案件的属性距离都转化为属性相似度,然后根据式

(21)加权集成得到案件整体相似度,结果如表 6 所示。

假设专家的相似度经验阈值 ξ 为 0.8,根据表 6 中的相似度,先按照相似度从大到小排序,然后结合式(23)的最小样本方差模型求解客观相似度阈值,其中表 7 为按照相似度大小排序后的样本方差分布。

由表 7 可得,最小样本方差对应的相似度为

表5 历史执行案例与目标执行案件的属性距离

Tab.5 Distance of attributes between historical cases and target cases

$d_j(X_i, X_0)$	Q_1	Q_2	Q_3	Q_4	Q_5	Q_6	Q_7	Q_8	Q_9	Q_{10}
X_1	1	0.916	0	0	0	0.576	0.000	0.508	0.541	0.000
X_2	0	0.053	0	1	0	0.034	1.000	1.000	0.000	1.000
X_3	1	0.158	1	1	1	0.159	1.000	0.636	0.541	1.000
X_4	1	0.053	0	0	0	0.104	0.493	0.587	1.000	0.541
X_5	1	0.684	1	1	1	0.269	0.208	0.901	0.541	0.541
X_6	1	0.211	0	1	1	0.368	0.579	1.000	0.541	0.541
X_7	0	0.786	1	1	0	0.914	0.579	1.000	0.541	1.000
X_8	0	0.263	0	0	1	0.337	0.295	0.000	0.000	0.541
X_9	1	0.347	1	1	1	0.342	0.655	1.000	0.541	0.000
X_{10}	1	1.000	0	0	1	1.000	0.000	0.587	0.541	0.541

表6 目标执行案件与历史执行案件的整体相似度

Tab.6 Overall similarity between target cases and historical cases

$\text{sim}(X_0, X_i)$									
X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
0.727	0.593	0.272	0.715	0.354	0.462	0.373	0.818	0.366	0.501

0.715,即客观阈值 $\sigma=0.715$,由式(22)计算动态相似度阈值 $\epsilon=\min\{0.715, 0.272+0.8\times(0.818-0.272)\}=0.709$ 。因此,提取相似度大于等于阈值的案件构建目标执行案件的相似案例库 $X_{\text{sim}}=\{X_8, X_1, X_4\}$, $M_{\text{sim}}=\{1, 4, 8\}$,表明历史执行案件 X_8 、 X_1 和 X_4 与目标执行案件案情类似,执行人员可以参考这3个案件的实际执行情况和遭遇的风险事项,为目标执行案件制定有针对性的执行方案,从而提升后续执行的质量和效率。

表7 历史执行案件相似度的样本方差

Tab.7 Sample variance of historical case similarity

历史执行案件	$\text{sim}(X_0, X_i)$	样本方差
X_8	0.818	
X_1	0.727	0.065
X_4	0.715	0.056
X_2	0.593	0.092
X_{10}	0.501	0.124
X_6	0.462	0.140
X_7	0.373	0.162
X_9	0.366	0.171
X_5	0.354	0.175
X_3	0.272	0.187

最后,由于相似案例库 M_{sim} 中案件 X_8 、 X_1 和 X_4 的执行结果都是未执行,并且被执行人有隐匿或转移财产的行为,即 $r_1=r_4=r_8=1$,则结合式(26)计算目标案件的执行风险 P_0 ,计算式如下所示:

$$P_0 = \frac{\sum_{i \in M_{\text{sim}}} r_i \times \text{sim}_i}{N_{\text{sim}}} = 0.754$$

结果表明,目标执行案件 X_0 通过隐匿或者转移财产来规避执行的概率比较大,执行人员可以对其

重点查控,关注被执行人及其身边的人近期是否存在不明交易或转账记录。参考案件 X_4 、 X_8 和 X_1 中被执行人抗拒执行的具体表现,对目标案件采取有侧重点、有针对性的执行对策。

5 对比分析

为进一步说明评估模型的有效性和合理性,将提出的融合案例检索和组合赋权的执行风险评估模型与相关研究进行对比分析。

首先,为了检验所提出的基于最小偏差的组合权重确定方法的有效性,将与文献[16]中采用的偏差最大法和文献[26]中使用的G1法进行对比分析。在计算属性权重的基础上分别检索类案,估算目标案件的执行风险,具体计算过程省略,属性权重和目标案件执行风险评估对比结果分别如图3和表8所示。

由图3可知,除了 w_1 、 w_3 、 w_8 之外,3种方法获得的属性权重具有较高的一致性。表8结果显示,3种方法得到的与目标执行案件相似度最高的2个历史执行案件都为 X_8 和 X_1 ,一定程度上证实了所提出的基于最小偏差的组合权重确定方法的有效性。然而,不同方法得到的目标案件执行风险仍有区别,所提出的方法检索出的类案多一个案件 X_4 ,其中案件 X_4 的被执行人在涉案金额、教育水平、婚姻状况、工作性质以及消费水平等属性上与目标执行案件相似度非常高,对于目标案件的执行风险评估同样具有较大的借鉴意义。究其原因,文献[16]中的偏差最大法仅利用属性在评估对象上的区分度,属性权重主要受属性值的影响,与实际属性重要性的一致性难以保证。当被评估对象数量发生变化时,属性权重可能随之发生变化。文献[26]中的G1法是一种由专家依据经验主观判断得到的属性确定方法,一般不受属性取值的影响,具有一定的稳定性,但是面

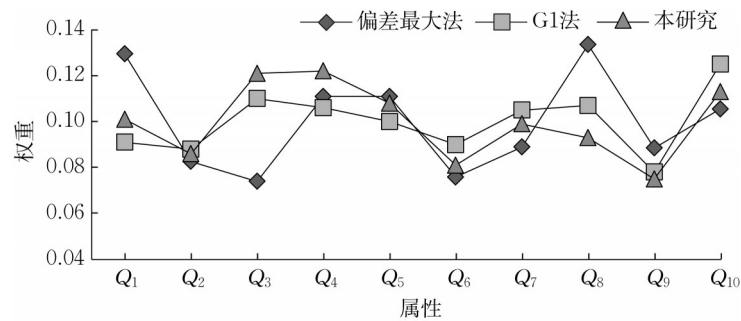


图3 不同方法属性权重对比

Fig.3 Comparison of attribute weights between different methods

表8 不同方法评估结果对比

Tab.8 Comparison of assessment results between different methods

方法	类案案例库	目标案件执行风险
偏差最大法 ^[16]	$X_{sim}=\{X_8,X_1\}$	0.797
G1法 ^[26]	$X_{sim}=\{X_8,X_1\}$	0.783
本研究	$X_{sim}=\{X_8,X_1,X_4\}$	0.754

对复杂决策问题时,专家知识和经验的不足及有限理性,评估信息具有一定的不确定性和主观随意性,不一定能有效区分不同评价对象。本研究提出的基于最小偏差的组合权重确定方法,不仅考虑了属性本身的重要性(主观权重),还体现了被评估对象的实际属性值信息(客观权重),以最小偏差模型尽可能兼顾专家主观意愿的同时达到有效区分评估对象的目的,使得决策结果更加合理和科学。

6 结语

执行案件风险评估作为“执行难”背景下的风险防范机制,面临着案件信息不对称、定量与定性信息并存、专家评估信息不确定等决策问题。本研究将案例检索方法应用到司法执行领域,对执行案件风险评估过程进行量化建模。在初步构建执行案件风险评估指标体系的基础上,提出了融合案例检索和组合赋权的执行案件风险评估模型。通过相似案件的精准提取,为执行法官预判被执行人非法隐匿、转移财产,抗拒执行的可能性提供了方法支撑,为合理分配办案资源和有针对性地制定风险防范措施提供了决策支持。在保证类案类判、提高执行案件工作质效等方面具有一定的现实价值。

作者贡献声明:

- 胡紫娟:研究内容确定,模型构建,论文撰写。
- 林 杰:研究指导,经费支持。
- 吴双胜:论文修改。

李 青:论文修改。

参考文献:

[1] 最高人民法院工作报告[EB/OL]. [2021-03-15]. <http://fzzfyjy.cupl.edu.cn/info/1021/12746.htm?urltype=tree.TreeTempUrl&wbtreeid=1345>. Report on the work of the Supreme People's Court of the People's Republic of China [EB/OL]. [2021-03-15]. <http://fzzfyjy.cupl.edu.cn/info/1021/12746.htm?urltype=tree.TreeTempUrl&wbtreeid=1345>.

[2] 赵一戎. 刑事案件中财产性判决“执行难”问题研究[J]. 法律适用, 2019(23): 124. ZHAO Yirong. Study on the problem of enforcement difficulty for judgments concerning properties in criminal cases [J]. Journal of Law Application, 2019(23): 124.

[3] 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. ZENG Xiangsheng. The executive management mechanism of cases without property: dilemma, reformation and perfection [J]. Legal Forum, 2018, 33(3): 149.

[4] 天津市北辰区人民检察院课题组. 检察环节执法办案风险评估预警机制研究[J]. 法学杂志, 2013, 34(2): 109. Research Group in Beichen District Procuratorate of Tianjin. Research on early warning system of risk assessment for enforcing the law and handling a case in procuratorial process [J]. Law Science Magazine, 2013, 34(2): 109.

[5] 刘明辉. 基于K-means聚类分析的民航系统恐怖主义风险评估[J]. 数据分析与知识发现, 2018(10): 21. LIU Minghui. Risk assessment of civil aviation terrorism based on K-means clustering [J]. Data Analysis and Knowledge Discovery, 2018(10): 21.

[6] 卢子涵,胡啸峰,邱凌峰. 基于机器学习的侵财类案件危害程度分析[J]. 中国安全生产科学技术, 2019, 15(12): 29. LU Zihan, HU Xiaofeng, QIU Lingfeng. Analysis on hazard degree of cases of encroaching on property based on machine learning[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2019, 15(12): 29.

[7] AAMODT A, PLAZA E. Case-based reasoning: foundational issues, methodological variations, and system approaches [J].

- AI Communications, 1994, 7(1): 39.
- [8] BENTAIBA-LAGRIG M B, BOUZAR-BENLABIOD L, RUBIN S H, *et al.* A case-based reasoning system for supervised classification problems in the medical field [J]. Expert Systems with Applications, 2020, 150: 113335.
- [9] LEE C H, CHEN C H, LI F, *et al.* Customized and knowledge-centric service design model integrating case-based reasoning and TRIZ [J]. Expert Systems with Applications, 2020, 143: 113062.
- [10] QUIRION-BLAIS O, CHEN L. A case-based reasoning approach to solve the vehicle routing problem with time windows and drivers' experience [J]. Omega, 2021, 102: 102340.
- [11] 韩菁,叶顺心,柴建,等. 基于后悔理论的混合型多属性案例决策方法[J]. 中国管理科学, 2016, 24(12): 108.
HAN Jing, YE Shunxin, CHAI Jian, *et al.* Case-based decision analysis method based on regret theory for hybrid multiple attributes decision making [J]. Chinese Journal of Management Science, 2016, 24(12): 108.
- [12] 熊升华,李海,伍毅,等. 基于多类混合信息表征的民航应急预案评估模型[J]. 计算机集成制造系统, 2019, 25(7): 1784.
XIONG Shenghua, LI Hai, WU Yi, *et al.* Model for civil aviation emergency plan evaluation based on hybrid information representations [J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2019, 25(7): 1784.
- [13] 戚筱雯,梁昌勇,黄永青,等. 基于混合型评价矩阵的多属性群决策方法[J]. 系统工程理论与实践, 2013, 33(2): 473.
QI Xiaowen, LIANG Changyong, HUANG Yongqing, *et al.* Multi-attribute group decision making method based on hybrid evaluation matrix [J]. Systems Engineering: Theory & Practice, 2013, 33(2): 473.
- [14] 陈英. 基于组合赋权-TOPSIS法的高校图书馆数字资源服务绩效评价[J]. 图书情报工作, 2020, 64(2): 59.
CHEN Ying. Comprehensive evaluation value of the digital resource service of university libraries based on the combined weighting model and TOPSIS method [J]. Library and Information Service, 2020, 64(2): 59.
- [15] 王伟明,徐海燕,张发明. 基于CRITIC-G1和Bonferroni算子的学术期刊综合评价研究[J]. 情报理论与实践, 2020, 43(5): 104.
WANG Weiming, XU Haiyan, ZHANG Faming. Research on comprehensive evaluation of academic journal based on CRITIC-G1 and Bonferroni operator [J]. Information Studies: Theory & Application, 2020, 43(5): 104.
- [16] 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.
TAN Ruipu, ZHANG Wende, CHEN Shengqun, *et al.* Emergency decision-making method based on case-based reasoning in heterogeneous information environment [J]. Control and Decision, 2020, 35(8): 1966.
- [17] ZHANG H, ZHANG Z, ZHOU L, *et al.* Case-based reasoning for hidden property analysis of judgment debtors [J]. Mathematics, 2021, 9(13): 1559.
- [18] ZADEH L A. A note on Z-numbers [J]. Information Sciences, 2011, 181(14): 2923.
- [19] HSU W C J, LIOU J J H, LO H W. A group decision-making approach for exploring trends in the development of the healthcare industry in Taiwan [J]. Decision Support Systems, 2021, 141: 113447.
- [20] HU Z, LIN J. An integrated multicriteria group decision making methodology for property concealment risk assessment under Z-number environment [J]. Expert Systems with Applications, 2022, 205: 117369.
- [21] 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(3): 62.
LIN Jie, WU Shuangsheng, ZHANG Zhenyu. Research on multi-dimensional portrait system of the person involved in concealing the excavated property [J]. Chinese Journal of Systems Science, 2021(3): 62.
- [22] 沈静,田强,杜玉勇. 关于公布失信被执行人名单制度实施情况的统计分析[J]. 河北法学, 2016, 34(5): 188.
SHEN Jing, TIAN Qiang, DU Yuyong. Statistical analysis on the issue of dishonest obligor [J]. Hebei Law Science, 2016, 34(5): 188.
- [23] 王正位,周从意,廖理,等. 消费行为在个人信用风险识别中的信息含量研究[J]. 经济研究, 2020, 55(1): 149.
WANG Zhengwei, ZHOU Congyi, LIAO Li, *et al.* Informational content of consumption behavior in consumer credit risk evaluation [J]. Economic Research Journal, 2020, 55(1): 149.
- [24] CROUX C, JAGTIANI J, KORIVI T, *et al.* Important factors determining Fintech loan default: evidence from a lendingclub consumer platform [J]. Journal of Economic Behavior & Organization, 2020, 173: 270.
- [25] FAN Z P, LI Y H, WANG X, *et al.* Hybrid similarity measure for case retrieval in CBR and its application to emergency response towards gas explosion [J]. Expert Systems with Applications, 2014, 41(5): 2526.
- [26] 王恩旭,吴荻,匡海波. 基于标准离差G1-DEA的旅游机场竞争力与效率差异性评价的对比研究[J]. 科研管理, 2016, 37(2): 152.
WANG Enxu, WU Di, KUANG Haibo. A comparative evaluation of the difference between tourism airports' competitiveness and efficiency based on the standard deviation-G1-DEA [J]. Science Research Management, 2016, 37(2): 152.