

# 控制与决策

Control and Decision

## 基于证据理论与偏好信息的人员胜任能力多阶段评估决策研究

于卓廷, 邓宏钟, 吴成星, 罗晗康

引用本文:

于卓廷, 邓宏钟, 吴成星, 等. 基于证据理论与偏好信息的人员胜任能力多阶段评估决策研究[J]. *控制与决策*, 2025, 40(2): 479–487.

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2024.0132>

---

## 您可能感兴趣的其他文章

### Articles you may be interested in

#### 小样本下多稀疏表示分类器的决策融合方法

Decision fusion of multiple sparse representation-based classifiers in case of small samples

*控制与决策*. 2021, 36(8): 1984–1990 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.1839>

#### 带不相关并行机和有限缓冲MHFS调度的混合启发式算法

Hybrid heuristic algorithm for multi-stage hybrid flow shop scheduling with unrelated parallel machines and finite buffers

*控制与决策*. 2021, 36(3): 565–576 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0835>

#### 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>

#### 特征加工链选用规律的挖掘、修正及其在工艺决策中的应用

Mining and correction of selection rule of feature operation chain and their application in process design

*控制与决策*. 2020, 35(12): 2865–2874 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0367>

#### 考虑时间序列的动态大群体应急决策方法

Dynamic large group emergency decision-making method considering time series

*控制与决策*. 2020, 35(11): 2609–2618 <https://doi.org/10.13195/j.kzyjc.2019.0088>

# 基于证据理论与偏好信息的人员胜任能力 多阶段评估决策研究

于卓廷, 邓宏钟<sup>†</sup>, 吴成星, 罗晗康

(国防科技大学 系统工程学院, 长沙 410073)

**摘要:** 人员能力评估是政府、企业确立岗位要求, 选拔、任命优秀人才, 制定培训计划, 优化人才结构, 促进发展的前提和基础。由于人员能力具有潜在性、模糊性、动态性, 且评估专家存在个人偏好、有限理性和经验局限, 对关键人员岗位胜任能力进行客观准确评估非常困难。作为一种处理不确定信息的数据融合方法, 证据理论能够契合关键人员评估的自然过程。鉴于此, 按照关键人员胜任能力评估的自然实操过程, 分析人员胜任能力评估中各类数据、信息特征和证据合成过程, 考虑评估过程的复杂性和多阶段性以及评估专家的有限理性和偏好, 提出一种基于证据理论与偏好信息的多阶段多源证据融合的人员胜任能力评估决策方法, 并以某校职称评审为例进行实例研究。

**关键词:** 偏好; D-S 证据理论; 人员胜任能力; 评估决策; 多阶段

**中图分类号:** C934 **文献标志码:** A

**DOI:** 10.13195/j.kzyjc.2024.0132

**引用格式:** 于卓廷, 邓宏钟, 吴成星, 等. 基于证据理论与偏好信息的人员胜任能力多阶段评估决策研究[J]. 控制与决策, 2025, 40(2): 479-487.

## A study of multi-stage assessment decision making for personnel competence based on evidence theory and preference information

YU Zhuo-ting, DENG Hong-zhong<sup>†</sup>, WU Cheng-xing, LUO Han-kang

(College of System Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

**Abstract:** Personnel competency assessment is the prerequisite and foundation for governments and enterprises to establish job requirements, select and appoint excellent talents, develop training plans, optimize talent structure, and promote development. Because personnel competency has potentiality, fuzziness, and dynamicity, and assessment experts have personal preferences, limited rationality, and experience limitations, it is very difficult to make objective and accurate assessment of key personnel's post competency. As a data fusion method for uncertain information, evidence theory fits the natural process of key personnel assessment. Therefore, in accordance with the natural practical process of key personnel competency assessment, this paper analyses the various types of data, information characteristics and evidence synthesis process in personnel competency assessment, takes into account the complexity and multi-stage nature of the assessment process, considers the limited rationality and preferences of the assessment experts, and puts forward a decision-making method of personnel competency assessment based on multi-stage and multi-source evidence fusion based on the evidence theory and the information of preferences, and conducts a case study on the evaluation of the title of a certain university as an example.

**Keywords:** preference; D-S evidence theory; personnel competence; evaluation decision; multistage

## 0 引言

政府和企业人员胜任能力以及综合素质评价是人力资源管理中的重要工作,旨在确定和评价员工的技能、知识、能力和行为,以便更好地适配职位和岗位,并为其提供必要的培训和发展机会。人员能力素

质评价的方法和工具多种多样,包括面试、测试、打分、综合评价等。这些工具从不同方面来评价员工的综合能力和潜在发展方向。但是在人员评估上仍然存在一些问题和挑战,如评价指标选择的正确性,评估专家的主观公平性,评估结果的条件依赖性,以及

收稿日期: 2024-01-31; 录用日期: 2024-05-09.

责任编辑: 李登峰.

<sup>†</sup>通讯作者. E-mail: denghongzhong@nudt.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.

员工对评价结果的接受度等。因此,如何针对特定岗位设计科学、公平、准确且有效的人员素质和胜任能力评估方法,是各类组织在人员选拔、任用中的普遍问题,也是国家重点部门、关键企业选人用人的核心问题。

人类认识世界是一个缓慢和渐近的归纳总结过程,同样,对人的了解认识和评价也是如此。第一印象不一定能够反映一个人的真实情况和实际能力水平,人员能力评价需要通过长期地交往、观察、深入地沟通交流、全面地了解以及细致地分析,才能透过表象和假象,了解其品行、智力和能力水平,逐渐形成较为客观准确的评价和判断。这是一个长期,甚至漫长的印象构建过程。同时,对人员能力的评估还会受到评估专家和被评估人员各方面主客观因素以及外界环境的影响,往往会随着评估专家评估经验的积累、认识的深入和信息的不断完善而给出更加客观准确的判断。人员评估问题出现在绝大多数领域,涉及的因素多,争论性强。对于该问题,往往需要满足决策者和决策单位的需要,存在一定程度的主观性。

当前,人员能力素质评价方法不少,但是鲜有一个公认的标准评价体系。在建立指标体系方面,Potosky<sup>[1]</sup>从4个方面定义了管理媒介如何影响评估结果,但是研究内容仅面向行政媒体,对于大多数人员评估的适用性不强;房扬<sup>[2]</sup>针对独立学院评价时主体单一,评价指标设置不科学等问题给出了评价模型,该模型包含5个一级指标、25个二级指标,其涵盖范围广,评价指标全面,但是在具体量化时的可执行性有待提高;伍蕾<sup>[3]</sup>使用关键绩效指标理论对人员工作目标以及工作职能进行了层级分解,提出了指标评价体系,但是在层级分解时会出现部分指标相关导致难以分层的现象;宋娴等<sup>[4]</sup>采用德尔菲法和层次分析法征询专家意见,构建了科技教育人员评价指标体系,但是德尔菲法对专家的权威性要求较高,且专家间需要满足独立性。在创新方法方面,Ahanger等<sup>[5]</sup>主要围绕分析警察人员的几项活动来评估他们的整体行为,基于博弈论的知识评估警察人员的诚信,但是其建立的博弈模型较为简单,难以综合复杂的人员信息类型;贺晓宇等<sup>[6]</sup>采用变异系数-ANP综合评价法搭建了信息化项目管理人员评价模型,并利用PROMETHEE方法对项目人员排序,但是由于PROMETHEE方法不满足无关方案独立性,在增加或减少被评估人员数量后会影响到现有人员的排序结果。

纵观目前人员能力评价研究,大多集中于针对特

定行业或岗位需求,设计符合习惯和认知较全面的能力评估指标体系,提出基于这一指标体系的人员能力综合评估方法。这些方法存在以下几方面不足:1)没有考虑信息的不完全、不确定和模糊性。如对某人学习能力的评估,通过一次考试或一次观察所获得的信息非常有限且可能存在虚假信息,无法精确度量,只能给出一个较为模糊的评估,如能力较强。2)没有考虑被评估人员能力水平的动态性。一个人的能力会随着外界环境、自身的状态以及成长学习而变化,在许多关键人员任命时,对其胜任能力的评估是一个长期、细致而非一次性短暂的过程。如关键领导岗位人员的选拔培养可能需要几个月甚至几年的时间。在这个考察评估过程中,被评估人员的能力可能会发生变化。3)对关键人员的评估经常由多位评估专家开展进行,这些评估专家往往存在自己的偏好,对被评估人员的不同能力方面有不同的侧重。因此,探索一种新的、符合实际评估流程的关键岗位人员胜任能力评估方法非常重要。

证据理论由美国学者Dempster<sup>[7-8]</sup>于20世纪60年代提出,该理论最初提出的目的是解决测量区间到概率测度空间的多值映射问题。Shafer<sup>[9]</sup>对其研究进行了完善,在原有理论上提出了信度函数等概念并于1976年发表专著,标志着证据理论的正式建立。

证据理论是一种处理不确定信息的方法,其可在不满足概率可加性的条件下,对不同的数据源或专家的知识进行融合和推理,采用集合来表示命题,用信度函数表示证据,由于信度函数满足半可加性,能够比概率函数更恰当地表示信息中的“不确定”和“不知道”,对于不确定性问题的描述更接近人的思维习惯,且能够综合定量信息和定性信息<sup>[10]</sup>。

证据理论从信度分布的角度拓展了传统的概率分布,构成联合概率推理过程,满足证据的交换律和结合律<sup>[11-12]</sup>。作为一种强有力的不确定性推理和信息融合方法,证据理论具有以下优点:首先,利用信度函数表达知识的不确定性,克服了传统贝叶斯理论对先验知识或条件概率的依赖,使用限制条件更少,具有强大的证据组合能力。其次,能够有效处理各类不确定性,如随机性、模糊性、不准确性和不一致性,合理分配基本信度。其中:随机性指同一事件会产生多种不同结果,模糊性指同一事件会产生含糊结果,不准确指证据或数据源由于各种干扰影响变得不完全可靠,不一致指证据或数据源的多样性。最后,能够有效区分无知性与等可能性,知识的表现更加灵活准确。在证据理论中,证据对命题的部分支持并不意

意味着将证据的剩余支持分配给该命题的非命题,而是分配给整个识别框架<sup>[13]</sup>。

近年来,证据理论在信息融合、不确定性推理、模式识别、综合诊断等领域中均得到了较好的应用。Shao等<sup>[14]</sup>提出了双层次深度证据融合算法,通过基本信度分配和多模态水平上整合信息来进行多模态的证据融合;Hua等<sup>[15]</sup>提出了一种新颖的多源信息融合策略,其中证据的可信度是基于外部差异和内部模糊性来确定的,并通过故障诊断和虹膜数据集分类的应用,验证了该方法的有效性;Dencœux<sup>[16]</sup>提出了一种新的框架将证据理论与可能性理论相结合,其定义的乘积交集规则扩展了用于组合信念函数的证据理论和可能性分布的乘积连接组合;Yu等<sup>[17]</sup>将深度卷积神经网络(CNN)与改进的D-S证据理论相结合,用于评估煤炭装卸过程中的缺陷,解决了现有检测系统中存在的特征提取效果不佳、检测精度低等问题;徐晓滨<sup>[18]</sup>基于D-S证据理论的信息融合和决策方法,研究其在设备故障诊断中的应用,给出了面向应用的两种诊断证据生成方法。

人员评估是一个主客观相结合的过程,证据理论能够契合人员评估中信息不断出现、更新迭代、不断修正的过程,同时符合评估专家在进行人员评估时不断修正的心理过程。在当前人员评估领域,证据理论的应用相对较少。付艳华<sup>[19]</sup>提出了基于证据权重的加权平均综合法,有效地解决了表现定性信息的基本概率分配函数的构造方法,但是,对于不确定性、不精确以及模糊信息的综合评价问题加入了许多固定因素,无法体现更复杂的内部影响机理;王育红等<sup>[20]</sup>在求得灰色聚类系数的基础上,利用D-S证据理论进行数据融合,减少了计算过程中的信息损失,但是计算结果受聚类系数的影响程度大,得到的结果精确度不高;周荣喜等<sup>[21]</sup>利用K-L交叉熵定义各信息源的权重,对每个信息源生成的基本概率分配函数进行修正后合成,这种方式虽然考虑了权重,但是,将权重直接用于对证据本身的处理而不是用于融合阶段,破坏了证据本身信息的完整性;陈云翔等<sup>[22]</sup>针对直觉模糊多属性群决策问题,研究了属性和专家权重的确定以及信息的集结方法;张发明等<sup>[23]</sup>提出了基于证据理论的多阶段混合型偏好信息群决策方法,结合模糊测度的思想求得专家证据的不确定度进而确定权重,并有效解决了证据间存在的冲突。

人员评估是一个非常复杂且主观性极强的问题,不同单位、不同人员、不同阶段的评估可能差异较大,没有绝对的标准。当前人员评估过程中多采用指标打分的方法进行,很容易产生指标选取不当或不合理的情况,且评审专家在评审过程中存在主观上的差异,导致被评估人员可能会对评估结果产生意见。本文在假定评价指标体系已经确定,决策者认同评价指标体系的基础上,分析评估过程中评审专家对证据、时间的偏好差异,探讨决策者个人偏好、评估流程对评估结果的影响问题。

本文将证据理论拓展应用至人员胜任能力评估决策问题中,首先,将决策者的偏好和有限理性引入证据理论,并转化为证据权重,将现有传统的一次性评价拓展为多阶段评价,以更符合关键人员的实际考察评估流程;然后,应用ELECTRE方法进行人员胜任能力的排序,为人员选用决策提供理论依据;最后,以某校职称评审过程为例进行验证分析。

### 1 问题定义

人员胜任能力评估决策是一个复杂问题,不同领域、不同情况下差异可能极大,为了研究共性问题,简化细节,本文设定评估决策的场景如下:某政府部门或企业选拔应用干部,需要对被评估人员的能力水平和综合素质进行全方位、全面、客观的评价。被评估人员需要提供个人简历、证书、证明等有关信息资料,并参加评估专家组准备的测验、民主测评、答辩、交流、谈话等。评估专家组根据收集整理的全部信息对被评估人员的能力水平以及综合素质进行打分评价。这个评估过程是分多阶段进行的。首先,需要进行信息采集,基层评估部门会结合其获取到的初步信息进行人员初步筛选,选择适合岗位的人员推荐给中层评估部门;然后,中层评估部门接收到相关人员信息后复核该过程并组织谈话和民主测评,结合谈话评价结论和民主测评结果进行评估更新,并上报上层评估部门;最后,上层评估部门组织评估专家组进行再评审、排序并将结果报给决策部门。在这个过程中,各级评估部门掌握信息不同,采用的评估方法也不同,评估专家组还需要对被评估人员多方面、多层次信息数据进行求证、审核、分析,并结合相关岗位需求逐步形成评估结论。人员评估的现实过程如图1所示。



图1 人员评估的多阶段现实过程

## 2 基于证据理论与偏好信息的多阶段多证据融合评估决策方法

本文针对关键人员评估的多阶段特点,将证据理论引入人员胜任能力评估中,提出一种基于证据理论与偏好信息的人员胜任能力多阶段评估决策方法.利用证据理论中的 Dempster 合成规则对不同类型的信息进行融合,结合 ELECTRE 方法进行分析排序,最终得到客观准确的评估结论.

所提出方法重点突出评估过程中评审专家的心理偏好,结合决策科学、心理学、社会科学等对人员的评估过程进行分析,在人员评估这种无法给出确定方程式的问题上,采用证据理论反映评估专家在评估过程中随证据出现时间或证据信息不同而产生的偏好,为改进某些场景下的评估过程提供帮助.

### 2.1 证据理论基本原理

D-S 证据理论<sup>[7-9]</sup>为一个集成多源证据信息并进行决策的理论模型,该模型的核心思想是基于事物发展变化的不确定性,在传统贝叶斯概率的基础上提出具有构造性的概率函数即信度函数,能够更精准地表达不完全信息和主观不确定信息.证据理论将概率论的基本事件空间扩展至幂集,将其称作识别框架,并在此基础上构造了基本信度分配函数,一方面能够更精确地表达主观不确定信息;另一方面能够对缺乏先验信息的证据进行融合,降低备选方案选择的不确定性.

对于任意一个决策问题,将所有可能发生的结果用集合  $\Theta$  表示,即  $\Theta = \{\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n\}$  为非空有限集合,且元素间互斥,则  $\Theta$  被称为识别框架.  $2^\Theta$  为识别框架的幂集,表示  $\Theta$  中所有可能的集合.其中:元素个数有  $2^n$  个,具体可表示为  $2^\Theta = \{\emptyset, \{\theta_1\}, \dots, \{\theta_n\}, \{\theta_1, \theta_2\}, \dots, \{\theta_1, \theta_n\}, \dots, \Theta\}$ ;事件  $A$  包含于  $\Theta$ ,幂集  $2^\Theta$  中每个元素表示事件  $A$  中的一个事件,即  $2^\Theta$  为事件  $A$  所有可能的子集; $m(A)$  表示事件  $A$  对应的基本信度分配,即证据支持事件  $A$  发生的程度.

基本信度分配函数为一个映射  $m: 2^\Theta \rightarrow [0, 1]$ ,满足

$$\begin{cases} m(\emptyset) = 0, \\ \sum_{A \subseteq \Theta} m(A) = 1, \\ 0 \leq m(A) \leq 1. \end{cases} \quad (1)$$

若  $m_1(B)$ 、 $m_1(C)$  为同一识别框架  $\Theta$  上的两个基本信度分配,则 Dempster 证据融合规则如下所示:

$$m(A) =$$

$$\begin{cases} 0, A = \emptyset; \\ \frac{\sum_{B \cap C = A, \forall B, C \subseteq \Theta} m_1(B)m_2(C)}{K}, A \neq \emptyset. \end{cases} \quad (2)$$

$$K = \sum_{B \cap C \neq \emptyset, \forall B, C \subseteq \Theta} m_1(B)m_2(C). \quad (3)$$

其中:  $K$  为冲突系数,表示  $m_1$  与  $m_2$  间的冲突程度,且  $0 \leq K \leq 1$ .

Dempster 合成规则的应用存在一些缺陷和局限性,特别是当用于对冲突较高的证据进行合成时可能会出现背离常理的结论.在本文中使用 Dempster 合成法则进行证据融合的原因在于证据间的冲突较小.冲突较小的现实情况如下:在进行人员评估时,被评估人员在前期会基于人工、专家经验进行筛选,经筛选后的人员会进行分组.以职称评审为例,在进行职称评审时,同类型被评估人员会被分配在同一组进行评审,对其进行评审的评审专家对该领域熟知且能够较好地掌握相关的标准,使得被评估人员的信息证据间的冲突较小.且在对人员胜任能力进行评估时,被评估人员已经各下属部门的初步筛选,其对于相应岗位的胜任程度已位于大多数被评估人员前列.在考量相关证据时,更多的是考虑能够反映人员胜任度而不是否定度的证据,证据大多数为正向表达.因此证据间的冲突较小,适合使用 Dempster 合成法则进行融合.

本文将证据理论应用于人员评估领域,并考虑了在不同评估阶段中不同因素所导致的偏好,将人员评估转化为多阶段多证据的融合过程,提出了基于证据理论与偏好信息的多阶段多证据人员能力评估方法.

### 2.2 基于证据理论与偏好信息的多阶段多证据人员能力评估方法

基于证据理论与偏好信息的关键岗位人员多阶段胜任能力评估要依据关键人员实际考察评估流程,通过不断收集数据,逐步推理,最终形成评估结论.基于证据理论与偏好信息的人员胜任能力多阶段评估方法框架如图2所示.

#### 2.2.1 信息收集和量化处理

评估专家组对被评估人员的信息收集可分为多个阶段,每个阶段获取到的信息既可能存在相关、雷同甚至完全重复的信息,也可能是不同的、冲突的信息.获取到的信息可分为文字信息、语音、视频信息,也可分为静态信息和动态信息,还可划分为定性信息和定量信息,或其他不同类型.本文将所有信息细分为  $n$  类,记为  $L_n = \{l_1, l_2, \dots, l_n\}$ .每个信息类型中可能包含多个信息要素,则信息类型  $l_i$  中包含的信息要

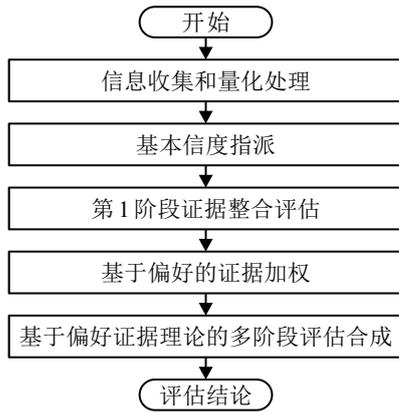


图2 方法框架

素集合为  $L_i(k) = \{l_i(1), l_i(2), \dots, l_i(k_i)\}$ .  $n$ 类信息可归结为定性信息、定量信息两大类:定性信息如年度考核结论为优秀、称职等,定量信息如专利数、论文数等. 被评估人员参评的信息要素根据需求单位的实际需要进行选择,如若考虑被评估人员的市场价值时,则可将成果转化率作为信息要素考虑.

对于定量信息,如科研能力包含发表论文数量、专利数量等,需要基于信息要素合成科研能力的综合打分. 因各评估单位对不同信息要素的重视程度不同,会赋予不同权重,其综合打分采用加权综合法. 如论文和专利分值分别为20分和30分,权重分别为  $\omega_1 : \omega_2 = 0.4 : 0.6$ ,则科研能力综合分数为  $20 \times 0.4 + 30 \times 0.6 = 26$ .

对于定性信息,如年度考评结论,因其不包含多个信息要素,作为原始信息不需要进行综合.

### 2.2.2 基本信度指派

在计算出定量信息的得分后,考虑未经过综合的定性信息,结合模糊控制学习中模糊精确量的模糊化理论,依据模糊数的不确定性表示构建隶属度函数. 模糊集理论由 Zadeh<sup>[24]</sup> 首先提出,其最初目的是表示自然语言中的不确定性或模糊性. 模糊集为边界未精确确定的空间中的元素所组成的集合. 在现实应用中,三角函数通常用于表示模糊数的隶属度函数<sup>[25]</sup>,其数学表达式为

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x \leq a; \\ (x - a)/(b - a), & a < x \leq b; \\ (c - x)/(c - b), & b < x \leq c; \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases} \quad (4)$$

其中  $x, a, b, c \in R$  且  $a \leq b \leq c$ . 本文将三角模糊数中的单个数值转化为基本信度分配,表示形式为数组,参数  $b$  对应隶属度最大的基本信度分配<sup>[26]</sup>,参数  $a$  和参数  $c$  为该模糊数可能取值区域的上下限. 如当模糊数  $A$  表示科研类得分为  $20 \sim 25$  分时,所对应的隶

属度函数如图3所示.

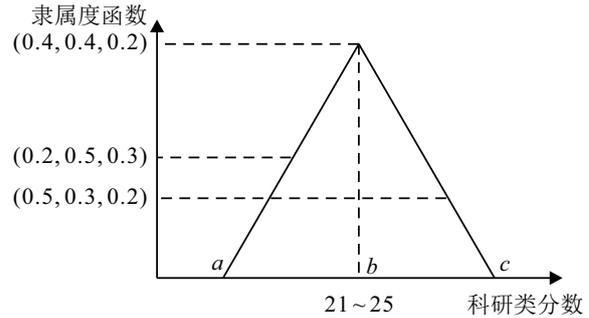


图3 科研类得分与相应的隶属度函数

依据相关领域知识和专家经验构建隶属度函数,该函数的作用为将信息数据转化为具有不确定性的证据,即基本信度分配. 基本信度分配对应该信息在证据理论中属于每个识别框架下的信度. 在本问题中,为了简化计算,利用三角隶属度函数的最大值( $b$ 的函数值)来表示证据的基本信度分配. 通过隶属度函数,  $n$ 个信息类型所包含的信息均转化为基本信度分配,记为  $M, M = \{m(B_1), m(B_2), \dots, m(B_n)\}$ ,每个基本信度分配均包含该信息对应识别框架中焦元的信度,即  $m(B_i) = \{m_1(B_i), m_2(B_i), \dots, m_n(B_i)\}$ .

### 2.2.3 第1阶段证据整合评估

当现有证据转化为基本信度分配后,按照信息类型对现有证据进行合并,此时证据内容间的权重已在加权综合时进行了考量,因此只需要将当下的证据进行合成,此处使用基础的 Dempster 合成法则进行多证据融合.

使用 Dempster 合成法则融合后,得到了融合当前所有证据后的基本信度分配  $M(A)$ ,其包含在不同识别框架下焦元的信度,即  $M(A) = \{m_1(A), m_2(A), \dots, m_n(A)\}$ .

### 2.2.4 两阶段证据权重确定和证据融合

当新证据出现时,要对新证据展开分析以及权重设计. 影响新证据权重的因素主要包括以下3个方面.

- 1) 由于第1阶段与第2阶段的证据不同,权重设置应不同.
- 2) 由于不同决策层次的评估专家对证据的偏好不同,导致认可程度不同,且不同层级部门的评估专家对被评估人员能力评价的可靠度不同,需要结合层级结构中的实际情况进行权重设计.
- 3) 评估专家的偏好会影响评估专家对被评估人员能力的评价. 在评估过程中,部分评估专家会参与评估过程的多个阶段,随着时间的推移,其偏好会发生变化. 结合人的有限理性和偏好理论,评估专家在

决策过程中受到信息不完全、认知能力有限以及时间和成本限制等因素的影响,无法做到完全理性地决策.

在评估过程中,评估专家在形成人员能力的初始印象后,往往对新证据的重视程度更高,使得新证据在人员能力评估过程中的权重更大.因此在设计权重时,需要将证据采集的先后顺序考虑至其中.在一个新证据被融合后,对于该证据而言,后续的证据又成为新证据.与新证据合成时,前序已合成的证据变为旧证据,其权重为旧证据的权重.定义旧证据与新证据的权重比为 $\alpha = \omega_1 : \omega_2$ .假设 $\alpha = \omega_1 : \omega_2 = 0.4 : 0.6$ ,即证据1与证据2合成时,证据1的权重为0.4,证据2的权重为0.6,当证据1与证据2合成完毕后,证据3抵达.此时,证据1与证据2的合成证据的权重转化为0.4,而证据3的权重为0.6.此处,旧证据与新证据的权重比 $\alpha$ 可通过多种合适的权重确定的方法来确定,本文通过专家咨询,采用专家打分法来确定该权重.

2.2.5 基于证据权重折扣的加权证据评估合成

在通过证据理论进行加权证据评估时,权重系数可被当作折扣因子<sup>[19]</sup>,也称可靠性.影响证据权重的因素包括证据本身的可靠性、可信度以及评估专家的偏好.由于证据本身的可靠性和可信度会对证据权重产生影响,在此处合成时证据权重的应用对象为所有待合成的证据.此处该证据权重的确定依据专家经验给出,具体应用时可采用专家评分法进行计算.

当证据类型所对应的权重为 $\omega$ 时,信息的折扣率为 $1 - \omega$ ,信息折扣后的基本信度分配为

$$m^\omega(C) = \omega m(C), \forall C \subset \Omega; \tag{5}$$

$$m^\omega(\bar{\Omega}) = 1 - m^\omega(C) = (1 - \omega) + \omega m(\Omega). \tag{6}$$

则基于证据权重折扣的Dempster合成法则如下所示:

$$m(A) = \begin{cases} 0, & A = \emptyset; \\ \frac{\sum_{B \cap C = A, \forall B, C \subseteq \emptyset} m_1^\omega(B)m_2^\omega(C)}{K}, & A \neq \emptyset. \end{cases} \tag{7}$$

$$K = \sum_{B \cap C \neq \emptyset, \forall B, C \subseteq \emptyset} m_1^\omega(B)m_2^\omega(C). \tag{8}$$

其中: $K$ 为冲突系数,表示 $m_1$ 与 $m_2$ 间的冲突程度,且 $0 \leq K \leq 1$ .此时,基本信度分配可反映出该人员能力属于各评估结论下的概率.

至此,通过基于证据理论与偏好信息的多阶段多证据人员能力评估方法,可得到人员能力的最终评估

结论.

2.3 基于 ELECTRE 法的相对比较排序决策

针对实际评价过程中需要对多名被评估人员进行比较排序的需求,且得出的评估结论可看作每个方案所具有的多个属性,选用多属性评价方法对被评估人员进行比较排序.本文采用 ELECTRE 方法<sup>[27]</sup>进行多属性排序,得到被评估人员的先后次序.

采用 ELECTRE 方法进行多属性排序时,为了定义级别高于关系,首先需要定义3个阈值参数.这些参数依据相关领域知识和专家经验进行设计,可结合实际情况进行动态调整.

不失一般性,设属性 $j = 1, 2, \dots, n$ 均为效益型. $q_j$ 为方案间在属性 $j$ 上无差异的阈值,即方案 $\alpha_i$ 与方案 $\alpha_k$ 的属性 $j$ 值差小于 $q_j$ 时,这两个方案在属性 $j$ 上是无差异的.更一般的情况下, $q_j$ 为属性值 $\gamma_j(\alpha_i)$ 的函数,可记为 $q_j(\gamma_j(\alpha_i))$ .与 $q_j$ 类似, $p_j(y_j(a_i))$ 表示方案 $\alpha_i$ 的属性值 $\gamma_j(\alpha_i)$ 严格优于方案 $\alpha_k$ 的属性值 $y_j(a_k)$ 的阈值.根据定义的阈值,计算优劣属性集合.记 $J^+(a_i, a_k)$ 为 $a_i$ 优于 $a_k$ 的属性的集合,即

$$J^+(a_i, a_k) = \{j \in J | j : y_j(a_k) + q_j(y_j(a_k)) < y_j(a_i)\}, \tag{9}$$

$J^-(a_i, a_k)$ 为 $a_i$ 劣于 $a_k$ 的属性的集合,即

$$J^-(a_i, a_k) = \{j \in J | j : y_j(a_i) + q_j(y_j(a_i)) < y_j(a_k)\}. \tag{10}$$

然后,根据优劣属性集合,计算级别高于关系.定义级别高于关系 $O_w$ 为

$$y_l(a_i) + v_l(y_l(a_i)) \geq y_l(a_k) > y_l(a_i) + p_l(y_l(a_i)) \text{ and } \|y_j(a_i) - y_j(a_k)\| \geq \frac{n}{2}. \tag{11}$$

最后,根据得到的级别高于关系进行方案排序.

在得到被评估人员排名的先后次序后,决策者可根据次序以及相关数据对人员能力产生基本的判断,结合岗位需求和调动规则,做出更全面且理性的决策,为最终领导决策提供支持.

3 示例研究

3.1 问题背景

某理工类高校2022年进行职称晋升评审,为了全面客观地评估被评估人员的能力素质和成果水平,经前期个人填报、走访调查以及实地考察等方式,获取到被评估人员多种类型且涉及多个领域的信息.经前期分组,评估专家组计划对同类型同专业的10名被评估人员开展职称晋升评审.

本示例采用某理工类大学实际评审过程中的评审指标,评价体系为某大学多年来使用且评审专家

较为认可的评价体系,评审指标偏向理工类,客观性强.采用实际评审数据,并将结果与实际评审结果进行对比.

### 3.2 评估步骤

本示例符合典型人员胜任能力评估场景,将基于证据理论与偏好信息的人员胜任能力多阶段决策评估方法应用至其中,具体步骤如下.

step 1: 信息收集和量化处理.

评估专家组按照信息内容将信息分为科研能力( $l_1$ )、教学水平( $l_2$ )以及年度考核结论( $l_3$ )三类.其中: $l_1$ 和 $l_2$ 为定量信息, $l_3$ 为定性信息.科研能力( $l_1$ )包括

学术论文 $l_1(1)$ 、专利 $l_1(2)$ 、学术交流 $l_1(3)$ 、教科研项目 $l_1(4)$ 以及教科成果 $l_1(5)$ 五个信息要素;教学水平( $l_2$ )包括教学比赛 $l_2(1)$ 、教学工作量 $l_2(2)$ 、教学评价 $l_2(3)$ 以及人才奖励 $l_2(4)$ 四个信息要素;年度考核结论( $l_3$ )为人员近两年年度考核结论,分为“优秀+优秀”“优秀+称职”以及“称职+优秀”3个等级.另外,在进行评价时,将申请评审副高级职称的10名被评估人员编号为1~10.

本文以《xx大学新进教师选拔与聘用管理办法》以及《xx大学博士申请-审核工作细则》为参考,结合相关领域专家经验,制定标准如表1所示.

表1 定量信息评分标准

信息要素	加分条件	加分标准	分数上限
学术论文	发表A类论文且为第1作者或通讯作者	每篇+6	140
专利	排名前5	每个+5	70
学术交流		参加国际会议+10/国内会议+5	300
教科研项目	排名前3	国家级+10/省级+8/校级+5/院级+2	300
教科成果	排名前3	国家级+10/省级+8/校级+5/院级+2	60
教学比赛		国家级+10/省级+8/校级+5/院级+2	20
教学工作量	担任课程主讲或为主讲教师之一	课时总和	5000
教学评价	优秀教师	国家级+10/省级+8/校级+5/院级+2	30
人才奖励		国家级+10/省级+8/校级+5/院级+2	30

根据标准计算10名被评估人员定量信息要素的初始得分.在分数合成前,需要对每个信息要素的得分通过分数上限进行规范化.依据不同信息要素重要度差异,结合评估专家组的经验共识,对信息要素设定了权重.通过加权综合法对信息要素 $l_i(k_i)$ 在其所属的信息类型 $l_i$ 中进行得分合成.

step 2: 基本信度指派.

依据相关领域知识和专家经验构建隶属度函数,该函数的作用为将信息数据转化为具有不确定性的证据,即基本信度分配.通过隶属度函数,各信息类型所包含的信息均转化为基本信度分配.此处以各分数阶段在隶属度函数中所对应的最大值点( $b$ 值)表示各证据的基本信度分配.通过数据得分赋值表,将信息均转化为基本信度分配.

step 3: 基于偏好的证据加权与基于证据权重折扣的加权证据评估合成.

基于证据权重折扣进行加权证据评估合成,在此处仅考虑证据采集的先后顺序对权重的影响.本示例中,经专家咨询,通过专家打分法确定旧证据与新证据的权重比为 $\alpha = \omega_1 : \omega_2 = 0.4 : 0.6$ ,得到融合当前所有证据后的基本信度分配 $M(A)$ .

step 4: 基于 ELECTRE 方法的相对比较排序决策.

在使用 ELECTRE 方法进行计算时,为了展示证

据融合过程中排序结果不断修正的过程,对仅考虑科研能力、科研能力与教学水平证据合成,以及3类证据全部合成的3种情形分别使用 ELECTRE 方法进行计算<sup>[28]</sup>.结合专家经验设定门槛值,对3种情形分别计算优劣集合,得到级别高于关系.以1号被评估人员为例,其在3种情形下的级别高于关系如表2所示.

表2 3种情形下1号被评估人员的级别高于关系集合

	级别高于关系
仅考虑科研能力	3, 4, 5, 6, 8, 9, 10
科研能力和教学水平证据合成	6, 10
3类证据全部合成	2, 5, 7, 8, 10

得到被评估人员间的次序关系,如表3所示.表3中:“-”表示无差异于,“>”表示严格优于.

表3 申请评审副高级职称的10名被评估人员排序

	次序
仅考虑科研能力	7 > 2 > 1 > 4 > 5 - 8 - 10 > 3 - 9 > 6
科研能力和教学水平证据合成	3 - 7 > 9 > 5 - 2 > 1 - 8 - 4 > 10 > 6
3类证据全部合成	9 > 3 - 1 - 4 > 6 - 5 - 7 - 2 - 8 > 10

### 3.3 评估结论和对照

本示例将信息分为3种信息类型,对10名被评估人员进行评估,最终得出被评估人员的排列次序.

通过表3,结合评估排序结果,最终可晋升副高级职称的人员为9号、3号、4号以及1号.2022年底该高

校实际晋升副高级职称的人员为2号、4号、7号以及9号. 该结论与直观数据相符且具有较强的理论性, 为人员能力评估的过程提供了参考.

#### 4 结论

本文提出了基于证据理论与偏好信息的人员胜任能力多阶段评估排序决策方法, 解决了人员能力评估涉及因素多, 且具有不确定性和动态性的问题, 该方法可用于综合考虑人员的知识、技能、态度和价值等多方面因素时的评估; 构建了一个层次化的人员能力评估体系, 提高了评价的客观性、准确性和科学性; 在证据理论得出数据的基础上, 采用ELECTRE方法得出客观的人员能力间的次序关系, 为决策者进行岗位任用以及职称评审时做出决策提供了支持和依据.

所提出方法的创新点在于: 1) 将主客观证据相结合进行评估. 现有的大多数人员评估方法大多是通过指标打分法进行评估, 很可能出现指标不当或指标设置不合理的情况, 这会使得评审专家在主客观上存在差异. 所提出方法将主客观证据相结合, 既考虑了评审专家的主观经验, 又具备了一定的客观性, 能够更好地反映人员能力, 更易被被评估人员认同. 2) 考虑了证据出现的前后次序对评估过程的影响. 人员评估是一个漫长的过程, 在评估过程中会在不同的时间点获取到不同的信息. 所提出方法采用证据理论进行评估, 能够契合人员信息不断出现的过程. 3) 反映了评审专家在评估过程中的心理认知过程. 评审专家对于人员能力的评价是不断调整、逐步修正建立起来的. 评审专家还会受到各种外部信息、时间、环境因素的干扰和影响. 本文将证据权重折扣引入了证据理论, 反映了评审专家评估认知过程中对证据的偏好.

本文以高校职称评审为示例进行实践, 得到了很好的评估效果. 该方法在人员任用、发展规划以及决策应用等领域具有广泛的应用价值和实用意义, 为人员能力评估提供了一种新的思路和工具.

#### 参考文献(References)

[1] Potosky D. A conceptual framework for the role of the administration medium in the personnel assessment process[J]. *Academy of Management Review*, 2008, 33(3): 629-648.

[2] 房扬. 独立学院行政管理人员考核评价体系优化研究[D]. 湘潭: 湘潭大学, 2021.  
(Fang Y. Research on the optimization of evaluation system for the administrative staff in independent colleges[D]. Xiangtan: Xiangtan University, 2021.)

[3] 伍蕾. 贵州省政府政务服务中心窗口人员绩效评价指标体系的研究[D]. 重庆: 西南大学, 2017.  
(Wu L. Research on performance evaluation index system of window personnel in government affairs service center of Guizhou Province[D]. Chongqing: Southwest University, 2017.)

[4] 宋娴, 罗砾, 胡芳. 高质量校外教育的助推器: 专业化科技研学教育人员的评价指标[J]. *全球教育展望*, 2021, 50(12): 90-101.  
(Song X, Luo L, Hu F. A booster for high quality out-of-school education: The index of evaluation for professional educator of science and technology study tour[J]. *Global Education*, 2021, 50(12): 90-101.)

[5] Ahanger T A, Bhatia M, Aldaej A. Game theory-based performance assessment of police personnel[J]. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 2023, 14(1): 511-526.

[6] 贺晓宇, 陈楠, 毛静芳. 基于变异系数-ANP的信息化项目管理评价研究——以某省烟草商业企业为例[J]. *中国烟草学报*: 2024, 30(1): 98-107.  
(He X Y, Chen N, Mao J F. Research on an evaluation model of IT project manager in tobacco enterprises based on coefficient of variation-ANP[J]. *Acta Tabacaria Sinica*, 2024, 30(1): 98-107.)

[7] Dempster A P. A generalization of Bayesian inference[J]. *Journal of the Royal Statistical Society Series B: Statistical Methodology*, 1968, 30(2): 205-232.

[8] Dempster A P. Upper and lower probabilities induced by a multivalued mapping[J]. *The Annals of Mathematical Statistics*, 1967, 38(2): 325-339.

[9] Shafer G. *A mathematical theory of evidence*[M]. New Jersey: Princeton University Press, 1976: 135-155.

[10] 朱卫东, 吴勇. 证据推理理论、方法及其在决策评估中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 2017: 12-17.  
(Zhu W D, Wu Y. Theory and method of evidential reasoning and its application in decision evaluation[M]. Beijing: Science Press, 2017: 12-17.)

[11] Pal N R, Bezdek J C, Hemasinha R. Uncertainty measures for evidential reasoning I: A review[J]. *International Journal of Approximate Reasoning*, 1992, 7(3/4): 165-183.

[12] 康耀红. 数据融合理论与应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1997: 115-120.  
(Kang Y H. Theory and application of data fusion[M]. Xi'an: Xidian University Press, 1997: 115-120.)

[13] 周志杰, 唐帅文, 胡昌华, 等. 证据推理理论及其应用[J]. *自动化学报*, 2021, 47(5): 970-984.  
(Zhou Z J, Tang S W, Hu C H, et al. Evidential reasoning theory and its applications[J]. *Acta Automatica Sinica*, 2021, 47(5): 970-984.)

[14] Shao Z M, Dou W B, Pan Y. Dual-level deep evidential fusion: Integrating multimodal information for enhanced reliable decision-making in deep learning[J]. *Information Fusion*, 2024, 103: 102113.

[15] Hua Z, Jing X C. An improved belief Hellinger

- divergence for Dempster-Shafer theory and its application in multi-source information fusion[J]. Applied Intelligence, 2023, 53(14): 17965-17984.
- [16] Denceux T. Reasoning with fuzzy and uncertain evidence using epistemic random fuzzy sets: General framework and practical models[J]. Fuzzy Sets and Systems, 2023, 453: 1-36.
- [17] Yu Y, Hoshyar A N, Samali B, et al. Corrosion and coating defect assessment of coal handling and preparation plants(CHPP) using an ensemble of deep convolutional neural networks and decision-level data fusion[J]. Neural Computing and Applications, 2023, 35(25): 18697-18718.
- [18] 徐晓滨. 设备故障诊断中的证据融合与决策方法[M]. 北京: 科学出版社, 2017: 54-65.  
(Xu X B. Evidence fusion and decision-making method in equipment fault diagnosis[M]. Beijing: Science Press, 2017: 54-65.)
- [19] 付艳华. 基于证据推理的不确定多属性决策方法研究[D]. 沈阳: 东北大学, 2010.  
(Fu Y H. Research on uncertain multi-attribute decision-making method based on evidential reasoning[D]. Shenyang: Northeastern University, 2010.)
- [20] 王育红, 党耀国. 基于D-S证据理论的灰色定权聚类综合后评价方法[J]. 系统工程理论与实践, 2009, 29(5): 123-128.  
(Wang Y H, Dang Y G. Method of grey fixed weight clustering comprehensive ex-post evaluation based on D-S evidential theory[J]. Systems Engineering-Theory & Practice, 2009, 29(5): 123-128.)
- [21] 周荣喜, 崔清德, 郝惊雨. 一种基于证据融合的高可靠性产品可靠性评价方法[J]. 系统工程理论与实践, 2018, 38(11): 2979-2986.  
(Zhou R X, Cui Q D, Hao J Y. A reliability evaluation method of high reliability products based on evidence fusion[J]. Systems Engineering—Theory & Practice, 2018, 38(11): 2979-2986.)
- [22] 陈云翔, 王攀, 罗承昆. 基于证据理论的偏好型直觉模糊群决策方法[J]. 控制与决策, 2017, 32(5): 947-953.  
(Chen Y X, Wang P, Luo C K. Method for intuitionistic fuzzy group decision-making with preference based on evidence theory[J]. Control and Decision, 2017, 32(5): 947-953.)
- [23] 张发明, 张淋茜, 韩江涛. 基于证据理论的多阶段混合型偏好信息群决策方法[J]. 系统工程理论与实践, 2023, 43(12): 3619-3625.  
(Zhang F M, Zhang L Q, Han J T. A method for multi-stage group decision making based on evidence theory under hybrid preference information[J]. Systems Engineering—Theory & Practice, 2023, 43(12): 3619-3625.)
- [24] Zadeh L A. Fuzzy sets[J]. Information and Control, 1965, 8(3): 338-353.
- [25] 王冬. 基于证据理论的定量风险评价不确定性分析[D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2016.  
(Wang D. Uncertainty analysis in qualitative risk assessment based on evidence theory[D]. Changsha: National University of Defense Technology, 2016.)
- [26] 张兴贤, 王应明. 一种基于区间信度结构的混合型多属性决策方法[J]. 控制与决策, 2019, 34(1): 180-188.  
(Zhang X X, Wang Y M. A hybrid multi-attribute decision-making method based on interval belief structure[J]. Control and Decision, 2019, 34(1): 180-188.)
- [27] Roy B. The outranking approach and the foundations of electre methods[J]. Theory and Decision, 1991, 31: 49-73.
- [28] Vasilyeva Z A, Filimonenko I V, Bagdasaryan I S. Assessment of gaps in the demand and supply parameters of professional competencies of engineering personnel in digitalization context[J]. Journal of Physics: Conference Series, 2020, 1691(1): 012233.

## 作者简介

于卓廷(2001—), 男, 硕士生, 主要研究方向为证据理论、因果推断, E-mail: m18243886313@163.com;

邓宏钟(1974—), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为复杂系统与复杂网络理论、体系工程、系统评估与决策理论方法, E-mail: denghongzhong@nudt.edu.cn;

吴成星(1994—), 男, 博士生, 主要研究方向为网络韧性和网络演化博弈, E-mail: 54704515@qq.com;

罗晗康(2001—), 男, 硕士生, 主要研究方向为复杂网络与复杂系统, E-mail: luohankang19@nudt.edu.cn.