

文章编号: 1000-5862(2013)06-0641-06

证据组合新方法及其在诗歌评价中的应用

涂青^{1,2}, 吴根秀^{1*}, 刘邱云¹

(1. 江西师范大学数学与信息科学学院, 江西 南昌 330022; 2. 南昌理工学院公共教学部, 江西 南昌 330044)

摘要: 通过引入贴近度函数, 对原始证据进行修正, 并利用修改后的 D-S 组合规则进行合成, 有效地解决了“一票否决”问题, 且具有良好的“鲁棒性”。利用模糊综合评判法建立基本信任分配函数, 应用改进后的组合方法对信息进行融合, 并由测评函数给出最终的无量纲化评价结果。通过对唐代诗歌的实例分析, 说明了此方法具有可操作性和实际意义。

关键词: 证据理论; 贴近度函数; 模糊综合评判法; 诗歌

中图分类号: TP 311

文献标志码: A

0 引言

证据理论^[1-2]是源于 20 世纪 60 年代美国哈佛大学数学家 A. P. Dempster 在利用上限概率和下限概率来解决多值映射问题方面的研究工作, 并由 G. Shafer 进一步发展起来的用于处理不确定性问题的理论, 简称 D-S 理论。证据理论具有非常好的处理不确定性信息的能力, 对于不确定信息的表达以及融合提供了有效的工具, 在信息决策、数据融合、目标识别等方面得到了广泛应用。证据理论的核心是证据合成规则^[3], 将多个不确定信息的证据通过一定的规则融合得到综合的推理结果, 形式简单, 容易在机器上实现。但在证据高度冲突时, 合成证据就有可能导致与实际常理相违背的结果^[4]。因此, 本文通过贴近度函数对证据进行修正, 利用改进后的合成公式对证据进行融合, 实例证明此方法能有效的解决“一票否决”问题, 且具有不错的“鲁棒性”。

诗歌是高度集中地概括反映社会生活的一种文学体裁, 它饱含着作者的思想感情与丰富的想象, 也饱含着一定的社会、经济、旅游、文化等价值。关于诗学批判, 无论是分品第, 还是排座次, 都是基于个人主观好恶。由于每个人的审美趣尚不同, 对同一个人, 同一首作品, 品评往往不一样。现有文献大多以调查统计的形式分析数据, 而没有给出数学上的模型分析。本文基于证据理论, 利用模糊综合评判法,

提出了一套合理的诗歌综合评价方法, 通过实例验证, 该方法能够有效地完成诗歌评价。

1 D-S 证据理论

在证据理论中, 1 个样本空间称为 1 个识别框架, 常用 Θ 表示。由一系列两两互斥且完备的元素组成。若函数 $m: 2^\Theta \rightarrow [0, 1]$ 满足: $m(\emptyset) = 0$, $\sum_{A \subseteq \Theta} m(A) = 1$, 则称 m 为 Θ 上的 1 个基本信任指派函数。 $\forall A \subseteq \Theta$, 称 $m(A)$ 为 A 的基本信度值, 它反映了 A 的信度大小。若 $m(A) > 0$, 则称 A 为 Θ 的焦元。由基本信任指派函数可以得到信任函数 Bel 和似真函数 Pl , 分别定义为 $Bel(A) = \sum_{B \subseteq A} m(B)$, $Pl(A) = \sum_{B \cap A \neq \emptyset} m(B)$ 。 $Bel(A)$ 表示证据对命题 A 为真的信任程度, $Pl(A)$ 表示证据对命题 A 为非假的信任程度。

设 m_1, m_2, \dots, m_n 为在同一个识别框架 Θ 下的基本信度指派函数, 则由 Dempster 合成规则有

$$\begin{cases} m(B) = m_1 \oplus m_2 \oplus \dots \oplus m_n(B) = \\ \frac{\sum_{A_1 \cap A_2 \cap \dots \cap A_n = B} m_1(A_1) m_2(A_2) \dots m_n(A_n)}{1 - \sum_{A_1 \cap A_2 \cap \dots \cap A_n = \emptyset} m_1(A_1) m_2(A_2) \dots m_n(A_n)}, \\ m(\emptyset) = 0, \end{cases}$$

其中 $\emptyset \subset B \subseteq \Theta$ 。

$$\text{令 } k = \sum_{A_1 \cap A_2 \cap \dots \cap A_n = \emptyset} m_1(A_1) m_2(A_2) \dots m_n(A_n) \neq 0$$

收稿日期: 2013-05-22

基金项目: 江西省自然科学基金(20114BAB201038) 和江西师范大学科研计划(3901) 资助项目。

通信作者: 吴根秀(1965-), 女, 江西南丰人, 教授, 主要从事不确定性推理与信息融合的研究。

反映了证据间的冲突程度. 当 $k = 0$ 时, 证据为完全无冲突的; 当 $0 < k < 1$ 时, 证据有一定冲突, 且 k 越大冲突越大, 但仍可使用 Dempster 合成规则合成; 当 $k = 1$ 时, 合成结果易产生悖论.

2 冲突证据组合新方法

2.1 国内外研究现状

对于 D-S 证据理论合成规则的研究, 大致可以分为 2 类: (i) 修改 Dempster 合成规则. 主要在于对冲突的分配和管理问题上, 寻找到冲突概率 k 的合理分配方案, 使得合成更准确, 且收敛速度更快. 它们又分为 3 种想法: (a) 冲突概率完全不可用. 典型代表就是 R. R. Yager 提出的合成规则^[5], 将证据冲突全部赋给未知项 $m(\Theta)$. 此方法虽然有效地消除了经典 D-S 合成规则可能带来的不合理现象, 但该方法会使合成后证据的不确定性增大, 且聚焦能力差; (b) 冲突概率完全可用. 李弼程等^[6] 提出将证据冲突按命题的平均支持程度加权进行分配. 虽然该模型简洁, 聚焦速度和精度都有所提高, 但对焦元有部分交集的情况处理的不够理想. 吴根秀提出局部冲突处理思想^[7], 对于假设 $A \subseteq \Theta$, 原证据中所有含 A 的冲突值按 A 在其中所占的比例分配给组合后的 A . 该方法在识别框架的命题数目较大时, 加权因子的计算量过大; (c) 冲突概率的部分可用. 孙全等^[8] 提出证据虽然存在冲突, 但也是部分可用的, 并且可用程度取决于数据的可信程度. 该方法的未知项概率仍占主导, 且随着证据数量的增加, 聚焦能力将大大降低; E. Lefevre 等^[9] 提出的统一信度函数, 国内许多方法都没有超出文献 [9] 方法的框架. 但该方法不满足结合律, 且当证据数量很大时, 冲突分配的子集比较难确定. (ii) 修改原始证据源模型的方法, 即对冲突证据进行预处理, 再用原始 Dempster 合成规则融合证据. (a) C. K. Murphy 提出了平均法^[10], 将基本可信度分配值进行平均. 但该方法只是将信息进行了简单平均, 并没有注意各证据间的关联, 合成结果并不理想; (b) 邓勇等^[11] 对 C. K. Murphy 平均法进行了改进, 考虑了各证据间的支持度, 并将其转化为证据的权值, 进行加权平均. 虽然此方法克服了 C. K. Murphy 平均法的缺点, 但其合理性受到质疑. 此外, 文献 [12] 对独立源证据的辨识, 通过引入过渡变量, 将其转换为线性方程组的求解问题. 文献 [13] 就相关证据的相关部分已知时给出了合成方法.

2.2 一种有效的证据合成新方法

设 m_1, m_2, \dots, m_n 是同一识别框架 Θ 下两两不同的 n 个证据, 设 Θ 的所有非空子集记为 A_1, A_2, \dots, A_m , 定义平均证据 \bar{m} 为 $\bar{m}(A_1), \bar{m}(A_2), \dots, \bar{m}(A_l), \dots, \bar{m}(A_m)$, 其中

$$\bar{m}(A_l) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n m_i(A_l) \quad (l = 1, 2, \dots, m). \quad (1)$$

考虑到证据之间的相互关联性对证据组合的影响, 本文引入贴适度函数^[14]:

$$N_i = \frac{\sum_{l=1}^m (m_i(A_l) \wedge \bar{m}(A_l))}{\frac{1}{2} \sum_{l=1}^m (m_i(A_l) + \bar{m}(A_l))} \quad (i = 1, 2, \dots, n), \quad (2)$$

其中 $m_i(A_l) \wedge \bar{m}(A_l) = \max\{m_i(A_l), \bar{m}(A_l)\}$.

贴适度函数 N_i 反映了证据 m_i 和平均证据 \bar{m} 的相似程度, 其值越接近 1, 证据 m_i 与 \bar{m} 的相似程度越高, 则证据 m_i 对证据组整体的可靠程度越高, 该证据的结果越可信, 相对可靠度最高的证据是绝对可靠的. 定义证据 m_i 的绝对可靠度函数为

$$R_k = N_k / N_{\max} \quad (k = 1, 2, \dots, n), \quad (3)$$

其中 N_{\max} 为所有证据和平均证据之间相似程度的最大值.

通过将相似程度归一化, 得到证据的相对可靠

$$\text{度函数: } \beta_k = N_k / \sum_{i=1}^n N_i \quad (k = 1, 2, \dots, n).$$

将信度函数 m_k 根据绝对可靠度函数 R_k 进行调整, 调整后的信度函数为

$$m'_k(A) = \begin{cases} R_k \cdot m_k(A), & A \neq \Theta, \\ 1 - \sum_{B \subset \Theta} R_k \cdot m_k(B), & A = \Theta, \end{cases} \quad (4)$$

其中 $k = 1, 2, \dots, n$.

由 (4) 式知, 调整后的信度函数中, 可靠度低的证据提供的确定性信息将减少, 而未知信息将增加, 从而减少可靠度低的证据对整体证据融合的影响.

依据证据的相对可靠度分配证据冲突, 引入新的合成公式^[15] 为

$$\begin{cases} m(A) = m'_1 \oplus m'_2 \oplus \dots \oplus m'_n(A) = \\ \sum_{A_1 \cap A_2 \cap \dots \cap A_m = A} m'_1(A_1) m'_2(A_2) \dots m'_n(A_m) + \\ K' \cdot \varepsilon(A, m_i), \\ m(\emptyset) = 0, \emptyset \subset A \subseteq \Theta, \end{cases} \quad (5)$$

其中 $K' = \sum_{A_1 \cap A_2 \cap \dots \cap A_m = \emptyset} m'_1(A_1) m'_2(A_2) \dots m'_n(A_m)$

表示信度函数的总冲突 $\mathcal{E}(A|m_i) = \sum_{i=1}^n \beta_i \cdot m'_i(A)$ 决定了分配给 A 的证据冲突比例.

2.3 实验分析

例 1 设识别框架 $\Theta = \{A, B, C\}$ 上有 5 个证据, 其基本可信度分配值分配为

$m_1: m_1(A) = 0.50, m_1(B) = 0.20, m_1(C) = 0.30,$
 $m_2: m_2(A) = 0, m_2(B) = 0.90, m_2(C) = 0.10,$
 $m_3: m_3(A) = 0.55, m_3(B) = 0.10, m_3(C) = 0.35,$
 $m_4: m_4(A) = 0.55, m_4(B) = 0.10, m_4(C) = 0.35,$
 $m_5: m_5(A) = 0.55, m_5(B) = 0.10, m_5(C) = 0.35.$

融合结果如表 1 所示.

表 1 证据融合结果比较

证据组合方法	m_1, m_2	m_1, m_2, m_3	m_1, m_2, m_3, m_4	m_1, m_2, m_3, m_4, m_5
Dempster 合成规则	$m(A) = 0$ $m(B) = 0.8571$ $m(C) = 0.1429$	$m(A) = 0$ $m(B) = 0.6316$ $m(C) = 0.3684$	$m(A) = 0$ $m(B) = 0.3288$ $m(C) = 0.6712$	$m(A) = 0$ $m(B) = 0.1228$ $m(C) = 0.8772$
文献[5] 合成规则	$m(A) = 0$ $m(B) = 0.1800$ $m(C) = 0.0300$ $m(\Theta) = 0.7900$	$m(A) = 0$ $m(B) = 0.0180$ $m(C) = 0.0105$ $m(\Theta) = 0.9715$	$m(A) = 0$ $m(B) = 0.0018$ $m(C) = 0.0037$ $m(\Theta) = 0.9945$	$m(A) = 0$ $m(B) = 0.0002$ $m(C) = 0.0013$ $m(\Theta) = 0.9985$
文献[8] 合成规则	$m(A) = 0.0900$ $m(B) = 0.3770$ $m(C) = 0.1020$ $m(\Theta) = 0.4310$	$m(A) = 0.1600$ $m(B) = 0.2010$ $m(C) = 0.1250$ $m(\Theta) = 0.4860$	$m(A) = 0.1940$ $m(B) = 0.1600$ $m(C) = 0.1370$ $m(\Theta) = 0.5090$	$m(A) = 0.2110$ $m(B) = 0.1380$ $m(C) = 0.1440$ $m(\Theta) = 0.5070$
文献[10] 合成规则	$m(A) = 0.1543$ $m(B) = 0.7469$ $m(C) = 0.0988$	$m(A) = 0.3500$ $m(B) = 0.5224$ $m(C) = 0.1276$	$m(A) = 0.6027$ $m(B) = 0.2627$ $m(C) = 0.1346$	$m(A) = 0.7958$ $m(B) = 0.0932$ $m(C) = 0.1110$
文献[11] 合成规则	$m(A) = 0.1543$ $m(B) = 0.7469$ $m(C) = 0.0988$	$m(A) = 0.5816$ $m(B) = 0.2439$ $m(C) = 0.1745$	$m(A) = 0.8360$ $m(B) = 0.0482$ $m(C) = 0.1458$	$m(A) = 0.8909$ $m(B) = 0.0086$ $m(C) = 0.1005$
文献[15] 合成规则	$m(A) = 0.1989$ $m(B) = 0.6126$ $m(C) = 0.1885$ $m(\Theta) = 0$	$m(A) = 0.4608$ $m(B) = 0.2702$ $m(C) = 0.2690$ $m(\Theta) = 0$	$m(A) = 0.5374$ $m(B) = 0.1872$ $m(C) = 0.2754$ $m(\Theta) = 0$	$m(A) = 0.5816$ $m(B) = 0.1429$ $m(C) = 0.2755$ $m(\Theta) = 0$
本文合成规则	$m(A) = 0.1975$ $m(B) = 0.6145$ $m(C) = 0.1880$ $m(\Theta) = 0$	$m(A) = 0.4532$ $m(B) = 0.2062$ $m(C) = 0.2587$ $m(\Theta) = 0.0819$	$m(A) = 0.5369$ $m(B) = 0.1203$ $m(C) = 0.2689$ $m(\Theta) = 0.075$	$m(A) = 0.5719$ $m(B) = 0.0930$ $m(C) = 0.2673$ $m(\Theta) = 0.0679$

从表 1 知, 基于 Dempster 合成规则和文献[5]的合成规则所得到的融合结果, 都出现了“一票否决”问题. 文献[8]对文献[5]的方法进行了改进, 虽然未出现“一票否决”问题, 但 $m(A)$ 值增加得非常缓慢, 且未知项 $m(\Theta)$ 值没有明显地降低. 文献[10]不仅未出现“一票否决”问题, 而且能正确识别目标 A , 但是效率太低(当融合第 4 个证据时才正确识别目标). 文献[11]、文献[15]和本文合成方法在融合第 3 个证据时就能正确识别目标, 明显优于其它方法, 但是本文合成后的结果和原始证据更接近, 融合结果更合理.

例 2 设识别框架 $\Theta = \{A, B, C\}$ 上有 2 个证据, 其基本可信度分配值分配为
 $m_1: m_1(A) = 0.98, m_1(B) = 0.01, m_1(C) = 0.01,$
 $m_2: m_2(A) = 0, m_2(B) = 0.01, m_2(C) = 0.99.$

融合结果如表 2 所示. 若将 m_1 变为 $m'_1: m'_1(A) = 0.99, m'_1(B) = 0.01, m'_1(C) = 0$, 则得到新的融合

结果(见表 3).

表 2 证据融合结果比较

证据组	D-S 合成规则	本文合成规则
m_1, m_2	$m(A) = 0$	$m(A) = 0.495$
	$m(B) = 1$	$m(B) = 0.010$
	$m(C) = 0$	$m(C) = 0.495$
	$m(\Theta) = 0$	$m(\Theta) = 0$

表 3 证据融合结果比较

证据组	D-S 合成规则	本文合成规则
m_1, m_2	$m(A) = 0$	$m(A) = 0.4851$
	$m(B) = 0.01$	$m(B) = 0.01$
	$m(C) = 0.99$	$m(C) = 0.5049$
	$m(\Theta) = 0$	$m(\Theta) = 0$

通过表 2 和表 3 的数据对比可见, 当证据由 m_1 变为 m'_1 时, 采用 Dempster 合成规则的结果发生了剧烈变化, $m(B)$ 值由 0.01 变成 1, 而 $m(C)$ 值由 0.99 变成 0. 融合结果基本是相反的, 而本文所给的合成规则却只产生了很微小的变化, 说明本文的方法对焦元的基本信度值变化不敏感, 稳定性强, 具有

良好的“鲁棒性”。

3 基于证据理论的诗歌综合评价模型

3.1 建立模型

诗歌是前人情感的抒发,同时也是知识的结晶,如何评价诗歌,一直以来都是一个难题。通过对《中国文学史》等相关文献的研究,结合相关老专家和学者的意见及建议,基于诗歌的特点,本文提出了诗歌综合评价模型,如图1所示。

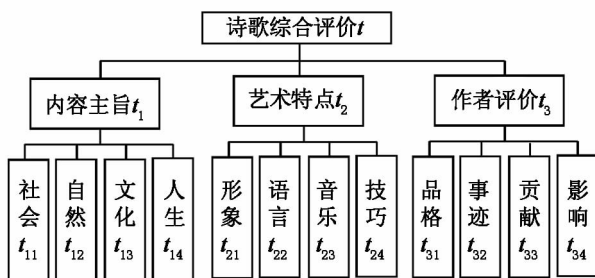


图1 诗歌评价模型

3.2 确定权重

由于每个专家的知识经验和经验等都存在差异,偏好也有所不同,为了提高评价的可靠性,故采用多专家系统,建立专家集 $b = \{b_1, b_2, \dots, b_n\}$ 。

依据层次分析法,由专家对各项指标分别进行两两比较,得到1级指标权重 $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$, 2级指标权重 $(\alpha_{11}, \alpha_{12}, \alpha_{13}, \alpha_{14}, \alpha_{21}, \alpha_{22}, \alpha_{23}, \alpha_{24}, \alpha_{31}, \alpha_{32}, \alpha_{33}, \alpha_{34})$ 。

由于各专家的权威程度有所不同,因此对专家赋予权值,权重集为 $\omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n\}$, $\sum_{b=1}^n \omega_b = 1$ 。显然权重越高,专家给出的证据的可信度越高。

3.3 基于修改后的D-S证据理论的诗歌综合评价

诗歌综合评价模型中的指标都是定性指标,专家对此的评判多为“好”、“较好”、“一般”、“较差”、“差”等模糊评语,为了分析方便,将这些模糊评语统一转化为I、II、III、IV、V这5个级别。其中I级表示评语中最好的一类;V级表示评语中最差的一类。建立模糊评语集 $E = (I, II, III, IV, V)$, 用5个类来充分表达模糊评语集的含义,并对其进行非排他性赋值(见表4)。

定义模糊评价集 $P = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\}$ 为对评价结果的分级表达,其中 $v_i (i = 1, 2, 3, 4, 5)$ 表示对模糊评语集的评价尺度。对模糊评价集 P 中的 v_i 进行赋值,有 $P = \{v_1 (0.9 \leq v_1 \leq 1.0), v_2 (0.8 \leq v_2 < 0.9), v_3 (0.6 \leq v_3 < 0.8), v_4 (0.4 \leq v_4 < 0.6), v_5 (0 \leq v_5 <$

$0.4)\}$ 。使模糊评语集 E 映射到模糊评价集 P 上来对 P 中的每个评价等级进行定义(见表5)。

表4 模糊评语集 E 的含义

$\mu_s(v_k)$	赋值	1.0	2	3	4	5
v_1	$0.9 < v_1 < 1$	1.0	0.75	0.25	0	0
v_2	$0.8 < v_2 < 0.9$	0.25	1.0	0.75	0	0
v_3	$0.6 < v_3 < 0.8$	0	0.50	1.0	0.50	0
v_4	$0.4 < v_4 < 0.6$	0	0	0.75	1.0	0.25
v_5	$0 < v_5 < 0.4$	0	0	0.25	0.75	1.0

表5 模糊评价集 P 的含义

$\mu_{bs}^{t_{ij}}(x_l)$	1	2	3	4	5
I	1.0	0.75	0.25	0	0
II	0.25	1.0	0.75	0	0
III	0	0.50	1.0	0.50	0
IV	0	0	0.75	1.0	0.25
V	0	0	0.25	0.75	1.0

由表4和表5知,专家 b 对每个2级指标 t_{ij} 的模糊评语 x_l 在模糊评价集 P 中的贴度函数为

$$E_{bl}^{t_{ij}}(v_k) = \frac{\sum_{s=1}^5 (\mu_{bs}^{t_{ij}}(x_l) \wedge \mu_s(v_k))}{\frac{1}{2} \sum_{s=1}^5 (\mu_{bs}^{t_{ij}}(x_l) + \mu_s(v_k))}, \quad (6)$$

其中 $l, k = 1, 2, 3, 4, 5; b = 1, 2, \dots, n$ 。

(6)式反映了评语集 E 中每个评语级别与评价集 P 中各评价等级的匹配程度,且 $E_{bl}^{t_{ij}}(v_k) \in [0, 1]$,

由于可能出现 $\sum_{k=1}^5 E_{bl}^{t_{ij}}(v_k) \neq 1$, 所以,必须将其进行归一化处理:

$$E_{bl}^{t_{ij}*}(v_k) = E_{bl}^{t_{ij}}(v_k) / \sum_{k=1}^5 E_{bl}^{t_{ij}}(v_k), \quad (7)$$

其中 $l, k = 1, 2, 3, 4, 5; b = 1, 2, \dots, n$ 。

以 $\Theta = \{v_1, v_2, v_3, v_4, v_5\}$ 作为诗歌综合评价的识别框架,由(7)式贴度函数 $E_{bl}^{t_{ij}}(v_k)$ 归一化后得到的 $E_{bl}^{t_{ij}*}(v_k)$ 构成识别框架 Θ 上的基本信度指派函数 $m_{bl}^{t_{ij}}$, 有

$$m_{bl}^{t_{ij}} = \{E_{bl}^{t_{ij}*}(v_1), E_{bl}^{t_{ij}*}(v_2), E_{bl}^{t_{ij}*}(v_3), E_{bl}^{t_{ij}*}(v_4), E_{bl}^{t_{ij}*}(v_5)\} (l = 1, 2, 3, 4, 5; b = 1, 2, \dots, n). \quad (8)$$

将专家 b 的评价信度函数 $m_{bl}^{t_{ij}}$ 根据绝对可靠度 ω_b / ω_{\max} 进行修正得

$$m_{bl}^{t_{ij}'} = \frac{\omega_b}{\omega_{\max}} m_{bl}^{t_{ij}} (l = 1, 2, 3, 4, 5; b = 1, 2, \dots, n). \quad (9)$$

应用新的证据组合方法,将调整后的各专家评价信度函数 $m_{bl}^{t_{ij}'}$ 通过(1)式计算出平均信度函数

$m_{bl}^{t_{ij}}$, 结合(2)式和(3)式给出其绝对可靠度 R_k 并应用(4)式将评价信度函数 $m_{bl}^{t_{ij}}$ 调整为 $m_{bl}^{t_{ij}'}$, 利用(5)式对整理后的信度函数进行合成, 求得识别框架 Θ 上的基本信度指派函数 $m_{ij}(i = 1\ 2\ 3; j = 1\ 2\ 3, 4)$, 并归一化.

根据各评价等级赋值的中心值合成得到 2 级指标 t_{ij} 评价的量化结果、1 级指标综合评价的无量纲值和最终获得诗歌综合评价值, 即

$$T_{ij} = \sum_{k=1}^5 v_k \cdot m_{ij}(v_k) = 0.95m_{ij}(v_1) + 0.85m_{ij}(v_2) + 0.70m_{ij}(v_3) + 0.50m_{ij}(v_4) + 0.20m_{ij}(v_5), \quad (10)$$

$$T_i = \sum_{j=1}^4 \alpha_{ij} T_{ij} (i = 1\ 2\ 3), \quad (11)$$

表 6 专家组评价结果

专家	内容主旨				艺术特点				作者评价			
	社会	自然	文化	人生	形象	语言	音乐	技巧	品格	事迹	贡献	影响
1	V	I	I	III	II	I	II	I	II	III	II	I
2	IV	I	II	II	II	II	III	IV	I	II	III	I
3	V	II	III	III	II	I	II	III	III	III	I	I
4	IV	I	I	II	III	II	III	I	II	II	I	I
5	V	II	II	II	I	II	I	II	I	I	I	I

由表 4 和表 5 及(6)式 ~ (8)式得专家组在 2 级评价指标 t_{11} 的基本信度指派函数 $m_k^{t_{11}}(k = 1\ 2\ 3\ 4\ 5)$. 依据(9)式将表 7 中的基本信度指派函数 $m_k^{t_{11}}$ 修正为 $m_k^{t_{11}'}$ ($k = 1\ 2\ 3\ 4\ 5$), 且由(1)式计算平均证据 \bar{m} . 结合(2)式和(3)式得绝对可靠度 $R = (R_1\ R_2\ R_3\ R_4\ R_5) = (0.846\ 9\ 0.960\ 8\ 1\ 0.960\ 8, 0.862\ 8)$. 结合(4)式得相对可靠度 $\beta = (\beta_1\ \beta_2, \beta_3\ \beta_4\ \beta_5) = (0.182\ 9\ 0.207\ 5\ 0.215\ 9\ 0.207\ 5, 0.186\ 3)$. 应用(4)式调整评价信度函数 $m_{bl}^{t_{ij}'}$, 利用(5)式将 5 位专家对于指标 t_{11} 的基本信任指派函数进行合成并归一化, 有 $m^{t_{11}'} = (0.039\ 3\ 0.070\ 6, 0.172\ 1\ 0.328\ 8\ 0.389\ 1)$. 由(10)式得专家组对指标 t_{11} 综合评价的量化值为

$$T_{11} = 0.95 \times 0.039\ 3 + 0.85 \times 0.070\ 6 + 0.70 \times 0.172\ 1 + 0.50 \times 0.328\ 8 + 0.20 \times 0.389\ 1 = 0.460\ 1.$$

通过上述方法, 所有 2 级指标的综合评价结果, 结合(11)式和(12)式得诗歌综合评价值为 $T = 0.747\ 5$.

4 结束语

本文将模糊学理论中的贴近度函数应用于证据理论中, 提出了一种新的证据理论合成方法, 使得证据融合结果更合理. 通过实例分析, 验证了此方法有

$$T = \sum_{i=1}^3 \alpha_i T_i. \quad (12)$$

3.4 实验仿真

聘请 5 位专家组成评价小组. 5 号专家是文学爱好者. 5 位专家的权重为 $\omega = (0.25\ 0.20\ 0.20\ 0.20\ 0.15)$. 依据层次分析法得 1 级指标权重为 $\alpha_1 = 0.35\ \alpha_2 = 0.45, \alpha_3 = 0.20$; 2 级指标权重为 $\alpha_{11} = \alpha_{12} = \alpha_{13} = \alpha_{14} = 0.25, \alpha_{21} = \alpha_{22} = \alpha_{23} = \alpha_{24} = 0.25\ \alpha_{31} = \alpha_{32} = \alpha_{33} = \alpha_{34} = 0.25$.

专家对李白的《入彭蠡经松门观石镜, 缅怀谢康乐题诗书游览之志》进行评价(见表 6).

良好的“鲁棒性”. 同时, 建立了一种诗歌评价模型, 并将证据理论首次应用于诗歌评价模型的数据量化中, 为诗歌评价提供了一种新的思路, 为诗歌在其它领域的应用和研究提供了新的手段. 在日后的应用中, 可以根据实际需要, 对评价体系进行相应调整和改善.

5 参考文献

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

[2] Shafer G. A mathematical theory of evidence [M]. Princeton: Princeton University Press, 1976.

[3] Dempster A P. A generalization of Bayesian inference [J]. *Journal of the Royal Statistical Society*, 1968, 30(2): 205-247.

[4] 张所地, 王拉娣. Dempster-Shafer 合成法则的悖论 [J]. *系统工程理论与实践*, 1997, 17(5): 83-86.

[5] Yager R R. On the Dempster-Shafer framework and new combination rules [J]. *Information Sciences*, 1989, 41(2): 93-137.

[6] 李弼程, 王波, 魏俊, 等. 一种有效的证据理论合成公式 [J]. *数据采集与处理*, 2002, 17(1): 33-36.

[7] 吴根秀. 信任函数组合与局部冲突处理 [J]. *计算机工程与应用*, 2004, 40(34): 81-84.

- [8] 孙全,叶秀清,顾伟康.一种新的基于证据理论的合成公式[J].电子学报,2000,28(8):117-119.
- [9] Lefevre E,Colot O,Vannoorenberghe P. Belief functions combination and conflict management [J]. Information Fusion 2002,3(2):149-162.
- [10] Murphy C K. Combining belief functions when evidence conflicts [J]. Decision Support Systems 2000,29(1):1-9.
- [11] 邓勇,施文康,朱振福.一种有效处理冲突证据的组合方法[J].红外与毫米波学报,2004,23(1):27-32.
- [12] 王明文.相关证据合成方法[J].江西师范大学学报:自然科学版,2002,26(2):135-138.
- [13] 洪少南.相关部分已知时的相关证据合成[J].江西师范大学学报:自然科学版,2011,35(5):478-481.
- [14] 彭祖赠,孙韞玉.模糊(Fuzzy)数学及其应用[M].武汉:武汉大学出版社,2002.
- [15] 李文立,郭凯红.D-S证据理论合成规则及冲突问题[J].系统工程理论与实践,2010,30(8):1422-1431.

The New Method of Evidence Combination and Its Application in Poetry Evaluation

TU Qing^{1,2}, WU Gen-xiu^{1*}, LIU Qiu-yun¹

(1. College of Mathematics and Informatics, Jiangxi Normal University, Nanchang Jiangxi 330022, China;

2. Department of Public Education, Nanchang Institute of Technology, Nanchang Jiangxi 330044, China)

Abstract: By introducing closeness function and revising primary evidence, it takes advantage of improved D-S combination rule to compose. As a result, it not only effectively solves the problem of one-vote veto, but has good robustness. It builds distribution of basic trust function through fuzzy comprehensive evaluation, combines data by improved combination method and gets the final dimensionless result by evaluation function. It proves operability and practical meaning of the method by analyzing Tang poems.

Key words: evidence theory; closeness function; fuzzy comprehensive evaluation; poems

(责任编辑:曾剑锋)

(上接第602页)

The Study on Synthesis and Characterization of a Rare Earth Coordination Compound $[\text{Pr}(\text{1,3-pda})_{0.5}(\text{nbca})_2(\text{H}_2\text{O})_2]$

ZHANG Mei-li, WANG Min

(College of Chemistry and Chemical Engineering, Shanxi Key Laboratory of Chemical Reaction Engineering, Yanan University, Yanan Shanxi 716000, China)

Abstract: A novel two-dimensional (2D) compound $[\text{Pr}(\text{1,3-pda})_{0.5}(\text{nbca})_2(\text{H}_2\text{O})_2]$ (pda = 1,3-phenylenediacetic acid, nbca = 5-nitro[1,1'-biphenyl]-3-carboxylic acid) was obtained through hydrothermal reaction and characterized by means of elemental analysis, IR, TG-DSC and single crystal X-ray diffraction. The results show that the compound is monoclinic, with space group $C12/c1$, $a = 2.72638(13)$ nm, $b = 1.01066(5)$ nm, $c = 2.14387(10)$ nm, $\beta = 94.258(1)^\circ$, $V = 5.8910(5)$ nm³, $Z = 8$. The crystal structure of compound revealed that Pr^{3+} ion is eight coordination mode in the compound, the pda and nbca ligands bridge the Pr^{3+} ions to form a $[\text{-Pr-pda-Pr-nbca-}]_n$ one-dimensional (1D) Z chain. Moreover, these one-dimensional (1D) Z chains are united together through the nbca ligands to afford a 2D(6/6) layer.

Key words: Pr(III) compound; Hydrothermal synthesis; IR spectra; crystal structure

(责任编辑:刘显亮)