

# 熵权模糊综合评价法在烤烟感官质量评价中的应用

张勇刚<sup>1</sup>, 宋朝鹏<sup>1</sup>, 李常军<sup>2</sup>, 许自成<sup>1</sup>, 杜卫民<sup>3</sup>, 官长荣<sup>1</sup>

1 河南农业大学烟草行业烟草栽培重点实验室, 郑州市文化路 95 号 450002;

2 重庆市烟草公司奉节分公司, 奉节 404600;

3 四川省烟草公司, 成都 610031

**摘要:** 为克服传统的模糊综合评判中主观赋权的局限性, 借助信息论中熵的概念, 建立了熵权法模糊综合评价模型, 对四川省 6 个主产烟区的烤烟感官质量进行了评价。结果表明, 攀枝花市和凉山州对“优”级别的隶属度最大, 分别为 0.4872 和 0.7364; 凉山州的烤烟感官质量总体状况最优。与其它评价方法相比, 该方法评价过程简易, 结果定量, 相对客观可信。

**关键词:** 烤烟; 感官质量评价; 熵权; 模糊

doi: 10.3969/j.issn.1004-5708.2010.06.007

中图分类号: TS452

文献标识码: A

文章编号: 1004-5708(2010)06-0033-04

## The use of entropy weight and fuzzy synthetic evaluation in evaluating flue-cured tobacco sensory characters

ZHANG Yong-gang<sup>1</sup>, SONG Zhao-peng<sup>1</sup>, LI Chang-jun<sup>2</sup>, XU Zi-cheng<sup>1</sup>, DU Wei-min<sup>3</sup>, GONG Chang-rong<sup>1</sup>

1 Key Laboratory for Tobacco Cultivation of Tobacco Industry, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China;

2 Fengjie Tobacco Company of Chongqing, Fengjie 404600, China;

3 Sichuan Tobacco Company, Chengdu 610031, China

**Abstract:** Entropy weight-fuzzy synthetic evaluation model was established by using the concept of entropy in information theory to overcome the subjective limitation in traditional fuzzy synthetic evaluation. The model was used to assess sensory quality of flue-cured tobacco leaf from six main tobacco producing areas in Sichuan Province. Results showed that sensory quality of Panzhihua and Liangshan were at first level, while the general status of sensory quality of Liangshan was the best. This result was in line with the real quality of tobacco leaves from these areas, suggesting that entropy weight and fuzzy synthetic evaluation approach was feasible in sensory evaluation.

**Key words:** flue-cured tobacco; sensory evaluation; entropy weight; fuzzy

烟叶品质主要包括外观质量、物理特性、化学成分及感官质量四大部分<sup>[1]</sup>。感官质量评吸是烟叶质量评价的主要手段和重要依据。目前对烟叶质量评价结果的最终检验还是依赖于感官评吸<sup>[2]</sup>。有关感官质量的研究主要集中在对理化指标和感官质量的关系<sup>[3-4]</sup>、感官质量的定性描述<sup>[5]</sup>、预测<sup>[6-8]</sup>、量化研究<sup>[9-11]</sup>等方面, 其中主要的定量研究方法有指数和法、模糊综合评

价法等。模糊综合评价法的基本思想是应用模糊关系合成的原理, 根据被评价对象本身存在的性态或类属上的亦此亦彼性, 从数量上对其所属成分给以刻画和描述<sup>[12]</sup>。由于烤烟感官质量本身具有模糊特性, 因而用模糊数学的概念和方法, 建立烤烟感官质量模糊评判的理论模型, 比传统的评价方法更能符合现象的实际情况。

在模糊综合评价中, 权重的设计是一项重要的内容, 对评价的结果有重要影响<sup>[13]</sup>。现有的模糊综合评价方法中评价指标权重的确定主要采用专家打分法<sup>[11]</sup>和层次分析法<sup>[10]</sup>等主观赋权法。由于主观赋权法中评价指标权重会随专家个人认识程度不同而不同, 因此, 人为给出的权重往往不能真实体现研究的实际情况<sup>[14]</sup>。

**作者简介:** 张勇刚, 男, 在读硕士研究生, 主要从事烟叶烘烤及品质生态研究, E-mail: zyghenan@163.com

官长荣(通讯作者)男, 教授, 主要从事烟叶烘烤方面的教学科研工作, E-mail: gongchr009@126.com

**基金项目:** 烟草行业栽培重点实验室基金项目(TCKL06003); 国家烟草专卖局科技攻关项目(110200401017)

**收稿日期:** 2009-11-16

为解决以上问题,可将熵的概念应用到感官质量评价中。熵本是热力学中的概念,后由 Shannon 引入信息论,现已在生态安全评价、水质评价、土地评价、品种评价等领域得到广泛应用<sup>[13-18]</sup>,并且取得了较好的效果。本文尝试将“熵权法”用于感官质量模糊综合评价中各因素的赋权,并应用该方法对四川烟区烤烟的感官质量进行了综合评价,以期为感官质量评价方法的拓展提供科学依据。

### 1 用熵权法确定评价因子权重的基本方法

人们在评价决策中所获信息的多少,是评价精度和可靠性大小的决定因素之一。在信息论中,熵是系统无序程度的度量,它还可以度量数据所提供的有效信息量<sup>[19]</sup>。熵越大,表示无序程度越高,反之则认为有序程度越高。

使用熵权法赋权主要包括以下 3 个步骤<sup>[20]</sup>:

1)原始数据矩阵进行标准化

设  $m$  个评价指标,  $n$  个评价对象得到的原始数据矩阵为:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1n} \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ x_{m1} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix}$$

该矩阵标准化可得:

$E = (e_{ij})_{m \times n}$ , 式中  $e_{ij}$ ——第  $j$  个评价对象在第  $i$  个评价指标上的标准值,  $e_{ij} \in [0, 1]$ 。

其中对大者为优的收益性指标而言,有

$$e_{ij} = \frac{x_{ij} - \min_j |x_{ij}|}{\max_j |x_{ij}| - \min_j |x_{ij}|}$$

而对小者为优的成本性指标而言,有

$$e_{ij} = \frac{\max_j |x_{ij}| - x_{ij}}{\max_j |x_{ij}| - \min_j |x_{ij}|}$$

2)定义熵

在有  $m$  个评价指标,  $n$  个评价对象的评估问题中,第  $i$  个指标的熵定义为:

$$H_i = -k \sum_{j=1}^n f_{ij} \ln f_{ij}, i = 1, 2, 3, \dots, m$$

式中,  $f_{ij} = \frac{e_{ij}}{\sum_{j=1}^n e_{ij}}$ ,  $k = \frac{1}{\ln n}$ , 当  $f_{ij} = 0$  时,令  $f_{ij} \ln f_{ij} = 0$ 。

3)定义熵权

定义了第  $i$  个指标的熵之后,第  $i$  个指标的熵权定义为:

$$w_i = \frac{1 - H_i}{m - \sum_{i=1}^m H_i}$$

式中,  $0 \leq w_i \leq 1, \sum_{i=1}^m w_i = 1$ 。

从前面的分析可知,熵权法是一种在综合考虑各评价指标所提供信息量的基础上,计算一个综合指标的数学方法。熵权并不是表示决策评估问题中评价指标实际意义上的重要性系数,而是在给定评价对象集后各种评价指标值确定的情况下,各指标在竞争意义上的相对激烈程度,从信息角度考虑,它代表该评价指标在该问题中提供有效信息量的多寡程度<sup>[20]</sup>。

### 2 熵权模糊综合评价的基本方法

建立熵权模糊综合评价数学模型的步骤如下:

1)确定评价对象集  $D = \{D_1, D_2, D_3, \dots, D_n\}$

2)确定评判因子集  $F = \{F_1, F_2, F_3, \dots, F_n\}$

3)确定评判集  $G = \{G_1, G_2, G_3, \dots, G_m\}$

4)确定隶属度,构造判断矩阵

因感官质量各指标均属于越大越优型,选取半升梯度函数来确定隶属度。

隶属于第 1 级( $j = 1$ )的隶属函数为:

$$r_{ij} = \begin{cases} 1 & c_i \geq s_{i1} \\ \frac{c_i - s_{i2}}{s_{i1} - s_{i2}} & s_{i2} < c_i < s_{i1} \\ 0 & c_i \leq s_{i2} \end{cases}$$

隶属于  $j(j = 2, 3, 4, \dots, m - 1)$  级的隶属函数为:

$$r_{ij} = \begin{cases} \frac{s_{i(j-1)} - c_i}{s_{i(j-1)} - s_{ij}} & s_{ij} < c_i < s_{i(j-1)} \\ \frac{c_i - s_{i(j+1)}}{s_{ij} - s_{i(j+1)}} & s_{i(j+1)} < c_i < s_{ij} \\ 0 & c_i \leq s_{i(j+1)}, c_i \geq s_{i(j-1)} \end{cases}$$

隶属于最后 1 级( $j = m$ )的隶属函数为:

$$r_{ij} = \begin{cases} 1 & c_i \leq s_{ij} \\ \frac{s_{i(j-1)} - c_i}{s_{i(j-1)} - s_{ij}} & s_{ij} < c_i < s_{i(j-1)} \\ 0 & c_i \geq s_{i(j-1)} \end{cases}$$

式中:  $r_{ij}$  为评价因子即指标  $i$  对级别(状态)  $j$  的隶属度;  $c_i$  为指标  $i$  的实测值;  $s_{ij}$  为指标  $i$  在  $j$  级别时的标准值。

由此构造的判断矩阵为:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix} \quad i = 1, 2, \dots, n; j =$$

1, 2, ..., m

### 5) 评判结果运算

评判结果为:

$$B = A \circ R = (a_1, a_2, \dots, a_n) \circ$$

$$\begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nm} \end{bmatrix} = (B_1, B_2, \dots, B_m)$$

式中,  $B$  为烤烟感官质量的评价结果,  $A$  为各评价指标对感官质量的权重, 由原始数据按照熵权法公式计算的熵权组成, “ $\circ$ ”为模糊运算符号, 此处采用  $(\circ, \oplus)$  模糊算子。最后, 根据各个评价对象在评判集上的最大隶属度, 确定其所归属的评价级别。

## 3 烤烟感官质量的熵权模糊综合评价实例

### 3.1 研究区域概况

四川省地处我国西南腹地, 位于长江中上游, 地势西高东低, 气候复杂多样, 具有冬暖、春早、夏长、年均温高的特点, 年平均气温  $16^\circ\text{C} \sim 20^\circ\text{C}$ , 年降水量  $600 \sim 1000 \text{ mm}$ , 各地降水分布不均; 土壤类型丰富, 垂直分布明显, 平原、丘陵主要以水稻土、冲积土和紫色土为主<sup>[21]</sup>。

烟叶生产主要分布在凉山、攀枝花、泸州、宜宾、广元、达州、德阳 7 个市州 26 个县市贫困人口相对集中的二半山区。2008 年全省种植烤烟面积达 9.1 万公顷, 产量 18.20 万吨, 占全国烤烟总产量的 6.94%<sup>[22]</sup>。所产烟叶具有独特的“山地清香型”风格, 在全国烟叶生产中具有重要的地位。

### 3.2 数据来源

选择四川省烤烟主产区凉山、攀枝花、泸州、宜宾、广元、达州进行烤烟感官质量的量化分析, 探求各产区的烤烟感官质量状况。所用原始数据来源于四川省烟草质量监督检验站, 由专业评吸人员对感官质量的指标进行量化评定。

### 3.3 评价因子、评价集和评价标准

感官质量的影响因素众多, 要全面的反映各因子对感官质量的影响是比较困难的, 只能根据具体问题具体分析建立相应的指标体系。通过分析和借鉴前人的研究成果<sup>[3-4, 23]</sup>, 以《中国烟草种植区划 2009》制定的 5 项基本评吸指标为基础, 并结合四川烤烟的生产实践, 确定评价指标包括: 香气质、香气量、余味、杂气、刺激性和甜度。构成评判因子集:  $F = \{\text{香气质, 香气量, 余味, 杂气, 刺激性, 甜度}\}$ 。将感官质量定为 5 级, 即:  $G = \{\text{优, 良, 中, 一般, 差}\} = \{\text{I, II, III, IV, V}\}$ 。

评价因子和评价集确定后, 需要明确各项指标等级数值区间临界点, 对烤烟感官质量进行评价。对于

上述 5 个评判等级数值区间临界点的确定, 采用如下方式求取。将各产区每个值的最高值、平均值及最低值, 分别作为最好值、一般值和最差值; 取最高值与平均值的中间值作为较好值; 取平均值与最低值之间的中间值作为较差值<sup>[24]</sup>(表 1)。

表 1 2007 年四川省感官质量 5 个等级的区间临界值

指标	I	II	III	IV	V
香气质	17.71	17.34	16.97	16.38	15.79
香气量	17.81	17.52	17.23	16.57	15.90
余味	14.51	14.30	14.08	13.55	13.02
杂气	9.55	9.29	9.03	8.60	8.16
刺激性	8.72	8.57	8.42	8.02	7.62
甜度	3.28	3.22	3.16	3.06	2.96

### 3.4 单因子评价矩阵的确定和指标赋权

按照表 1 所确定的评价标准, 确定各指标属于各级别的隶属函数, 从而确定单因子隶属度, 得到单因子评价矩阵。

首先将原始数据构成的矩阵进行规范化处理, 然后根据熵权法计算出各评价指标的熵权, 结果见表 2。

表 2 各指标的熵权

评价指标	信息熵	熵权
香气质	0.8677	0.1910
香气量	0.8932	0.1541
余味	0.8923	0.1554
杂气	0.8861	0.1644
刺激性	0.8954	0.1509
甜度	0.8723	0.1843

### 3.5 结果分析

利用熵权法赋权的模糊综合评价结果表明(表 3), 攀枝花市和凉山州的感官质量水平为 I 级, 宜宾市的感官质量水平为 II 级, 广元市和泸州市的感官质量水平为 III 级, 达州市的感官质量水平为 V 级。

此外, 凉山州对 I 级和 II 级的隶属度之和(1)大于攀枝花市的隶属度之和(0.9693), 说明凉山州的烤烟感官质量总体状况优于攀枝花市。同样, 广元市对 II 和 III 的隶属度之和大于泸州市的隶属度之和, 因此, 6 市州烤烟感官质量状况从高到低的排序为: 凉山、攀枝花、宜宾、广元、泸州、达州。评价结果与指数和法评价结果相一致(表 4)。

值得注意的是, 攀枝花市对 I 级的隶属度为 0.4872, 与对 II 级的隶属度(0.4821)相近, 说明如果有不合理的因素对感官质量产生影响, 系统可能滑向 II 级状态; 而采取合理的措施消除感官质量的限制因子, 攀枝花市的烤烟感官质量便能维持在 I 级状态。

表3 综合评价结果

城市	各级别隶属度					所属 级别
	I	II	III	IV	V	
攀枝花	0.4872	0.4821	0.0307	0	0	I
凉山	0.7364	0.2636	0	0	0	I
广元	0	0.1903	0.6052	0.2045	0	III
宜宾	0.3625	0.4962	0.1413	0	0	II
泸州	0	0.0805	0.6890	0.2305	0	III
达州	0	0	0	0	1	V

表4 评价结果比较

评价结果	攀枝花	凉山	广元	宜宾	泸州	达州	
熵权模糊法	排序	2	1	4	3	5	6
指数和法	分值	71.0	71.2	68.8	70.4	68.4	63.5
(百分制)	排序	2	1	4	3	5	6

注: 指数和法评价结果来自四川省烟草质量监督检验站。

由表2可以看出, 权重较大的指标是香气质、甜度和杂气, 这3个指标的权重占到总权重的54%。说明各产区在这3个指标间存在明显差异。各产区应针对感官质量中存在的问题, 开展烤烟新品种的培育、引种和推广工作, 实施包括合理施肥、提高栽培技术、建立和完善配套的烘烤技术、积极开发人工发酵技术等措施, 以保证感官质量的稳定性和各指标的协调性。

#### 4 小结

利用所建立的熵权模糊评价量化模型, 对四川省6个主产烟区的烤烟感官质量进行了评估, 得出了与实际相近的结果, 可以为其他地区的烤烟感官质量评价提供借鉴。

熵权法结合模糊评价法在烤烟感官评价领域的应用尚属尝试, 还存在诸如评价指标取舍、指标权重确定精度以及熵权法理论在实际应用研究中存在哪些不适等问题, 需进一步研究。

#### 参考文献

- [1] 王瑞新. 烟草化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [2] 李东亮. 基于化学成分的烟草质量评价方法研究与应用[D]. 郑州: 河南农业大学, 2008.
- [3] 闫克玉, 王建民, 屈剑波, 等. 河南烤烟评吸质量与主要理化指标的相关分析[J]. 烟草科技, 2001(10): 5-9.
- [4] 高家合, 秦西云, 谭仲夏, 等. 烟叶主要化学成分对评吸质量的影响[J]. 山地农业学报, 2004, 23(6): 497-501.
- [5] 赵铭钦, 王莹, 李元实, 等. 有机物质对烤烟中性香气物质成分及评吸质量的影响[J]. 中国烟草科学, 2008, 29(5): 6-10.
- [6] 高大启, 吴守一. 并联神经网络在烤烟内在品质评定中的应用[J]. 农业机械学报, 1999, 30(1): 58-62.

- [7] 杨小勇, 彭黔荣, 苏红雪. 单输出径向基神经网络在烟叶品质预测中的应用[J]. 贵州工业大学学报: 自然科学版, 2005, 34(3): 24-27.
- [8] 彭黔荣, 蔡元青, 王东山, 等. 根据常规化学指标识别烟叶品质的BP神经网络模型[J]. 中国烟草学报, 2005, 11(3): 406-410.
- [9] 闫铁军, 毕庆文, 何结望, 等. 湖北烤烟感官质量状况及其它质量的关系分析[J]. 中国烟草科学, 2008, 29(6): 7-11.
- [10] 李东亮, 胡军, 许自成, 等. 单料烟感官质量的层次模糊综合评价[J]. 郑州轻工业学院学报: 自然科学版, 2007, 22(1): 27-30.
- [11] 胡建军. 模糊综合评定法在卷烟感官评吸中的应用[J]. 烟草科技, 1998(5): 29-31.
- [12] 高长波, 陈新庚, 韦朝海, 等. 区域生态安全: 概念及评价理论基础[J]. 生态环境, 2006, 15(1): 169-174.
- [13] 邹志红, 孙靖南, 任广平. 模糊评价因子的熵权法赋权及其在水质评价中的应用[J]. 环境科学学报, 2005, 25(4): 552-556.
- [14] 贾艳红, 赵军, 南忠仁, 等. 基于熵权法的草原生态安全评价-以甘肃牧区为例[J]. 生态学杂志, 2006, 25(8): 1003-1008.
- [15] 高长波, 陈新庚, 韦朝海, 等. 熵权模糊综合评价法在城市生态安全评价中的应用[J]. 应用生态学报, 2006, 17(10): 1923-1927.
- [16] 倪九派, 李萍, 魏朝富, 等. 基于AHP和熵权法赋权的区域土地开发整理潜力评价[J]. 农业工程学报, 2009, 25(5): 202-209.
- [17] 孟宪萌, 胡和平. 基于熵权的集对分析模型在水质综合评价中的应用[J]. 水利学报, 2009, 40(3): 257-262.
- [18] 刘刚, 赵桂琴, 魏黎明. 基于熵权赋权法的灰色系统理论在燕麦品种综合评价中的应用[J]. 中国草地学报, 2007, 29(3): 84-89.
- [19] 孟庆生. 信息论[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 1989.
- [20] 邱宛华. 管理决策与应用熵学[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [21] 李丹丹, 许自成, 邢小军, 等. 四川烟区烤烟主要化学成分的变异分析[J]. 西南农业学报, 2008, 21(5): 1270-1274.
- [22] 中国农业信息网. 2008年各地区烤烟面积和产量增减情况[EB/OL]. (2009-10-19) [2009-11-14]. <http://onlinece.com.cn/datacenter/ShowArticle.asp?ClassID=20&ArticleID=4006>.
- [23] 王允白, 王宝华, 郭承芳, 等. 影响烤烟评吸质量的主要化学成分研究[J]. 中国农业科学, 1998, 31(1): 89-91.
- [24] 贾士靖, 刘银仓, 王珊珊. 基于模糊评价法的区域农业循环经济发展水平比较研究[J]. 农业系统科学与综合研究, 2008, 24(4): 436-440.