

一种新的客观赋权科技评价方法

——独立信息数据波动赋权法DIDF¹

¹俞立平 ²潘云涛 ²武夷山

¹宁波大学商学院 宁波 315211

²中国科学技术信息研究所 北京 100038

摘要:本文首先建立了科技评价方法体系,然后分析了5种线性客观赋权评价方法特点,在此基础上提出了一种新的客观赋权科技评价方法——独立信息数据波动赋权法,并且用中国科学技术信息研究所农业期刊数据为例进行了实证。其原理是,首先计算出评价指标的离差系数,然后利用改进的复相关系数计算指标的独立信息率,将二者标准化后相乘再进行归一化处理得到权重。该方法综合了现有线性客观评价法的所有优点,丰富了客观赋权评价理论。本文还对线性客观赋权法的适用条件进行了讨论,认为熵权法和离散系数法在计算指标权重上有相似之处。

关键词:科技评价 客观赋权 独立信息数据波动赋权法 学术期刊

中图分类号:G301

1 引言

科学技术评价是科技管理工作的重要组成部分,是推动国家科技事业持续健康发展,促进科技资源优化配置,提高科技管理水平的重要手段和保障。科技评价包括科技项目评价、科研机构评价、科技期刊评价、科技人员评价等诸多方面。国家对科技评价工作十分重视,科技部联合五部委,以国科发基字[2003]142号文的名义发布了“关于改进科学技术评价工作的决定”,认为“科学技术评价要客观、真实、准确地反映不同评价对象的实际情况,增加科学技术评价活动的公开性与透明度,保证评价工作的独立性和公正性,评价结果的科学性和客观性。”、“要优化评价程序,改进评价方法,注重评价实效。”、“建立健全科学技术评价制度,制定改进科学技术评价工作的具体办法和措施,完善各类评价管理办法和实施细则,加强对科学技术评价工作的管理。”

科技评价方法包括定性评价和定量评价两大类,定性评价主要是通过同行评议的方式进行。定量评价包括单指标评价与多属性评价两大类:第一类是单指标评价,包括简单指标评价和复合指标评价两类,比如SCI论文数量、省级课题数量等就是典型的单指标评价;复合指标就是那些包含了很多信息的指标,如学术期刊评价中的FCS_m(Moed et al., 1995)^[1]、H指数(Hirsch, 2005)^[2]、ACIF(Markpin, 2008)^[3]等。第二类是多属性评价,包括线性评价方法与非线性评价方法。

在多属性评价中,第一类是线性评价方法,其基本原理是对评价指标进行主客观赋权,然后将数据标准化后加权汇总,其特点是评价结果与指标值之间的关系是线性的。如专家会议法、德尔菲法、层次分析法、熵权法、变异系数法等等。第二类是非线性评价方法,主要

¹国家自然科学基金资助:发达国家科技期刊建设同经济实力、科技发展的关系暨期刊语言选择的历时性研究及借鉴意义(70973118); ISTIC-THOMSON 科学计量学联合实验室开放基金项目:中国科研机构评价研究(IT2009001)。

作者简介:俞立平(1967-)男,江苏泰州人,博士,中国科学技术信息研究所博士后,宁波大学商学院教授,主要从事信息经济、科学计量领域的教学科研工作。发表论文100余篇, Email:

chinayangzhou@yahoo.com.cn

潘云涛(1967-)女,研究员,主要从事科技评价领域的研究。发表论文近70余篇。

武夷山(1958-)男,研究员,中国科学技术信息研究所总工程师,主要从事情报学、科技管理、科学计量学领域的研究。发表论文、专著、译著等100余篇(部)。

指运用运筹学、模糊数学、系统工程等领域的方法进行评价，评价与指标值之间的关系是非线性的。一些非线性评价方法不要赋权，如主成分分析法、灰色关联分析、数据包络分析等等；另一些非线性评价方法可以赋权，如加权 TOPSIS 法、ELECTRE 法、模糊综合评价法、PROMETHEE 等等。科技评价方法体系如图 1 所示。

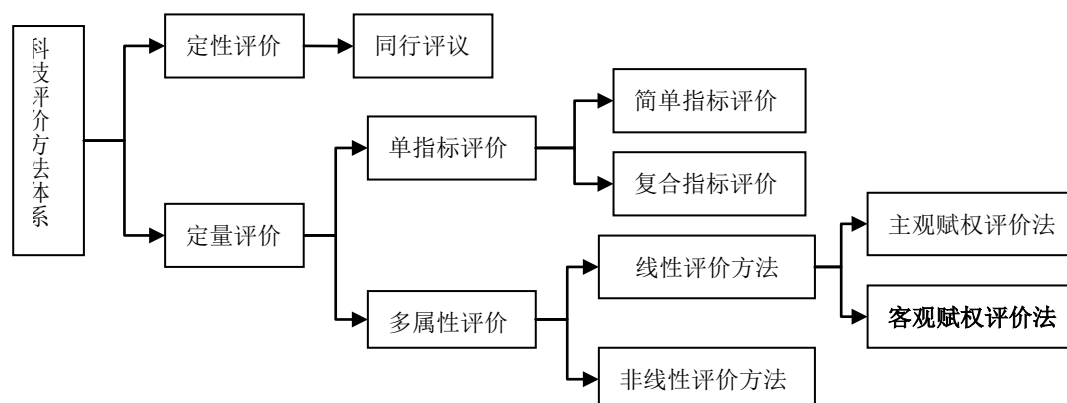


图 1 科技评价方法体系

本文重点研究科技评价中的指标体系客观赋权评价方法，即线性客观赋权多属性评价方法。由于客观赋权法不存在人为干扰因素，在评价指标选取较为科学的情况下，确实可以起到较好的评价结果，因此在科技评价中得到了较广泛的应用。由于在科技评价领域，学术期刊多属性评价成果较多，方法也比较丰富，因此本文用学术期刊评价为例进行相关研究。

从评价方法的角度，Weiping Yue、Concepcion S. Wilson (2004)^[4]利用结构方程的原理建立了一个期刊影响力的分析框架，但没有进行实证。苏新宁(2008)^[5]采用指标体系赋权进行中国人文社会科学期刊的评价。邱均平、张荣等(2004)^[6]提出了期刊评价指标体系的三维层次结构图，并利用灰色关联法进行评价。庞景安、张玉华等(2000)^[7]及李凯扬、贾玉萍(2005)^[8]利用层次分析法对期刊进行评价。王小唯、杨波等(2003)^[9]将期刊以往状态的评价结果作为各期刊基础条件的一种度量，再运用数据包络分析方法(DEA)测算出它们的二次相对评价价值。李修杰、陈景武(2006)^[10]运用判别分析法建立的期刊评估指标体系。王玖、徐天和(2003)^[11]运用秩和比法进行医学学术期刊学术质量综合评价。陈汉忠(2004)^[12]应用主成分分析对学术期刊进行评价。凌春艳、莫琳(2004)^[13]提出自然科学学术期刊质量指标体系的属性数学综合评价模型并进行了评价。邱均平(2008)^[14]利用专家会议给指标赋权，进而进行核心期刊评价。从以上研究看，在线性多属性评价中，以层次分析法和主观赋权评价法为主，指标体系客观赋权评价方法在科技评价中的应用还很少。

主流的线性客观赋权评价方法有熵权法、变异系数法、复相关系数法、CRITIC、概率权法等等，这些评价方法在科技评价中应用总体上还不多。本文对这些评价方法的原理进行深入解析，进而提出一种新的集各种客观赋权评价方法优点于一身的新的评价方法——独立信息数据波动赋权法 DIDF (Weight Giving Based on Data Independence and Data Fluctuation)。

2 几种主流线性客观赋权评价法

2.1 熵权法

熵概念源于热力学，后由 Shannon 引入信息论。信息熵可用于反映指标的变异程度，从而可用于综合评价。设有 m 个待评对象， n 项评价指标，形成原始指标数据矩阵 $X = (X_{ij})_{m \times n}$ ，对于某项指标 X_j ，指标值 X_{ij} 的差距越大，该指标提供的信息量越大，其在综合评价中所起的作用越大，相应的信息熵越小，权重越大；反之，该指标的权重也越小；如果该项指标值全部相等，则该指标在综合评价中不起作用，熵权法的计算步骤是：

(1) 构建 m 个事物 n 个评价指标的判断矩阵 $R = (X_{ij})_{nm}$ ($i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$)。

(2) 将判断矩阵归一化处理, 得到归一化判断矩阵 B

$$b_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (1)$$

公式 (1) 中, X_{\max} 、 X_{\min} 分别为同指标下不同事物中最满意者或最不满意者 (越小越满意或越大越满意)。

(3) 根据熵的定义, m 个评价事物 n 个评价指标, 可以确定评价指标的熵为

$$H_i = -\frac{1}{\ln m} \left(\sum_{j=1}^m f_{ij} \ln f_{ij} \right) \quad (2)$$

$$f_{ij} = \frac{b_{ij}}{\sum_{j=1}^m b_{ij}} \quad (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m) \quad (3)$$

(4) 计算熵权 W

$$W = (\omega_i)_{1 \times n}$$

$$\omega_i = \frac{1 - H_i}{n - \sum_{i=1}^n H_i}, \quad \text{且满足 } \sum_{i=1}^n \omega_i = 1 \quad (4)$$

(5) 加权汇总, 得到评价结果。

2.2 复相关系数法

用某一指标与其它所有指标进行回归, 得到调整后的拟合优度 R , 该指标的相对权重就是 $1/R$ 。最后将所有指标权重归一化以后得到各指标的权重。某指标拟合优度 R 越低, 说明该指标包含的信息越多, 权重越高。

2.3 离散系数法

用各指标的标准差除以均值, 得到各指标的离散系数, 最后将离散系数归一化后得到各指标的权重。离散系数越大, 说明该指标数据越活跃, 权重越大。

2.4 概率权法

概率权综合评价法的基本原理是, 利用概率上的期望值原理, 把若干统计指标的影响效应平均综合集中起来进行评价。首先将数据标准化, 然后应用正态分布以概率测定各个指标的客观量化权数, 即各指标超过其极大值的概率, 归一化后得到权重, 最后进行加权汇总。

由于不同的评价正指标应该与所有评价对象该指标的最优指标比较, 即作为比较评价标准的参考指标序列应该由最优指标构成, 概率权法就是要测定不同的评价正指标不小于所有评价对象该指标最优指标的可能性, 由于 X_{ij} 的比较评价标准为最优指标序列

$\{X_{\max, j}, j = 1, 2, \dots, m\}$, 所以采用 X_{ij} 比其最优值大的概率 $P\{X_{i,j} > X_{\max, j}\}$ 为权数。

根据中心极限定理, 大部分概率分布的极限分布是正态分布, 也即依据正态分布的普遍

性，对于第*i*个评价对象的第*j*个指标值标 X_{ij} ，应该或者近似有 $X_{ij} \sim N(\bar{X}_j, S_j^2)$ ，其中

样本均值 $\bar{X}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{ij}$ ，样本方差 $S_j^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_{ij} - \bar{X}_j)^2$ ；则第*i*评价对象的第*j*个指

标概率测定权数为：

$$F_j = P\{X_{i,j} > X_{\max,j}\} = P\left\{\frac{X_{i,j} - \bar{X}_j}{S_j} > \frac{X_{\max,j} - \bar{X}_j}{S_j}\right\} = 1 - \Phi\left(\frac{X_{\max,j} - \bar{X}_j}{S_j}\right) \quad (5)$$

公式(5)中， $j = 1, 2, \dots, m$ ， $\Phi(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt$ 是标准正态分布。

2.5 CRITIC

CRITIC (Criteria Importance Through Intercriteria Correlation)法是由 Diakoulaki (1995)^[15]提出的另一种客观权重赋权方法。它的基本思路是确定指标的客观权重以两个基本概念为基础。一是对比强度，它表示了同一个指标各个评价对象之间取值差距的大小，以标准差的形式来表现，即标准化差的大小表明了在一个指标内各评价对象取值差距的大小，标准差越大各评价对象之间取值差距越大。二是评价指标之间的冲突性，指标之间的冲突性是以指标之间的相关性为基础，如两个指标之间具有较强的正相关，说明两个

指标冲突性较低。第*j*个指标与其它指标的冲突性的量化指标为 $\sum_{k=1}^n (1 - R_{kj})$ ，其中， R_{kj} 为

评价指标*k*和*j*之间的相关系数。各个指标的客观权重确定就是以对比强度和冲突性来综合衡量的。设 C_j 表示第*j*个评价指标所包含的信息量，则 C_j 可表示为：

$$C_j = \delta_j \sum_{k=1}^n (1 - R_{kj}) \quad j=1, 2, \dots, n \quad (6)$$

C_j 越大，第*j*个评价指标所包含的信息量越大，该指标的相对重要性也就越大，所以第*j*个指标的客观权重 W_j 应为：

$$W_j = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^n C_j} \quad j=1, 2, \dots, n \quad (7)$$

3独立信息数据波动赋权法

3.1统计指标提供的数据信息分析

作为线性客观赋权评价方法，就是根据统计数据本身提供的信息来进行赋权，然后将数据标准化后进行加权汇总，进而得到评价结果。那么统计指标能够提供那些信息呢？

第一，统计指标必须提供自身的数据信息。这里的数据信息，包括“数据波动信息”和“其它信息”。“数据波动信息”是指同一指标在平均值附近的波动，波动程度一般用离差系数表示，即标准差与平均值的比值。离差系数越大，说明数据波动程度越大，提供的信息量

越大；离差系数越小，说明数据的波动程度越小，提供的信息越少。极端情况下，离差系数为零，即所有的指标值相等，标准差为零，也就是说该指标不能提供任何评价信息，可以取消该指标。“其它信息”是根据一定的统计学理论测度的信息，如概率权法就是测度统计指标超过最优指标的概率。

第二，统计指标必须提供独立信息。在科技评价以及其他评价中，统计指标之间都存在着不同程度的相关性。相关性问题的存在会带来重复计算，降低线性评价的精度。俞立平（2009）^[16]提出了综合回归调整法，一定程度上解决了统计指标数据相关问题。基于本文的视角，必须定量计算出各指标所能提供的独立信息程度，本文拟采用改进的复相关系数作为信息独立程度的度量，方法是用某指标作为解释变量，其它所有指标作为被解释变量进行回归，剔除统计检验不显著的指标后，得到拟合优度 R^2 ，它表示其它相关指标对该指标的解释能力，换句话说，该指标能够提供的独立信息程度为 $1-R^2$ ，因为 R^2 的信息是由其它指标解释的。之所以要剔除统计检验不显著的指标，是由于这些指标与被解释指标不相关，所以称为改进的复相关系数。

从上面两个视角进行分析，熵权法、离散系数法两种方法都只能提供统计指标数据波动信息，概率权提供的是统计指标超过最优指标的概率信息，本质上也是数据自身信息，复相关系数提供的是独立信息，CRITIC虽然提供了数据波动信息和指标冲突信息，但是数据波动信息是用标准差表示的，属于绝对数，而且指标冲突信息没有经过标准化处理，误差必然很大。此外，冲突信息是基于相关系数计算而得，问题是从统计学的角度出发，简单的相关系数计算如果做回归分析的话并不一定能够通过统计检验，显然没有改进的复相关系数好。所以这5种评价方法都存在这样那样的问题，这也是线性客观赋权评价法存在的普遍问题。

3.2 数据信息与信息独立程度的组合

以上分析了数据自身信息的基本原理以及信息独立程度的计算方法，那么，二者应该如何进行组合呢？本质上，可以将数据信息视为一种数量指标，因为其值只和自身相关。信息独立程度其实是一种质量指标，二者缺一不可，最好的方法是将二者标准化后相乘，这样就可以得到各指标所能提供的相对总信息量，进而可以计算出各指标的权重。CRITIC存在的另外一个问题是，既然要在方差与冲突系数乘积的基础上计算权重，如果不进行标准化，必然带来较大的误差，因为相乘意味着相对差距的拉大。

3.3 独立信息数据波动赋权法的原理

根据以上分析，独立信息数据波动赋权法步骤如下：

第一步：计算各指标的离差系数，用标准差除以均值。

$$V_j = \frac{\delta_j}{\bar{X}_j} \quad j=1, 2, \dots, n$$

第二步：依次用某指标作为因变量，其它所有指标作为自变量进行回归，删除统计检验不显著的指标，得到该指标的拟合优度 R_j ，进而计算该指标独立信息比率 D_j 。

$$D_j = 1 - R_j \quad j=1, 2, \dots, n$$

极限情况下，如果拟合优度 R_j 为0，说明该指标能够提供完全信息，如果 R_j 为1，说明该指标不能提供任何信息，可以将该指标删除。

第三步，将离差系数 V_j 标准化，得到 V_j' ；将独立信息比率 D_j 标准化，得到 D_j' ，然后计算各指标的纯信息量 I ：

$$V_j' = \frac{V_j}{\max V_j} \quad D_j' = \frac{D_j}{\max D_j}$$

$$I_j = V_j' D_j' \quad j=1, 2, \dots, n$$

第四步，计算各指标纯信息量的百分比，得到各指标的权重：

$$W_j = \frac{I_j}{\sum_{j=1}^n I_j} \quad j=1, 2, \dots, n$$

第五步，将评价指标标准化，然后进行加权汇总，得到评价结果。

4 评价实例

本文数据来自于中国科学技术信息研究所 CSTPC 数据库，以农业学术期刊为例进行评价。中国科学技术信息研究所从 1987 年开始对中国科技人员在国内外发表论文数量和被引情况进行统计分析，并利用统计数据建立了中国科技论文与引文数据库，同时出版《中国学术期刊引证报告》。本文选取 2006 年的农业学术期刊数据，删除了少部分新期刊和数据缺失期刊，以 90 种农业期刊数据进行分析。选取的指标有：总被引频次、影响因子、即年指标、被引半衰期、基金论文比共 6 个指标进行评价。

为了进行各种线性客观赋权评价方法的比较，同时计算出熵权、复相关系数、离散系数、概率权、CRITIC、DIDF 六种评价方法的权重，结果如表 1 所示。需要说明的是，概率权法要求统计数据服从正态分布，经过 Jarque-Bera 检验，只有被引半衰期的相伴概率为 0.303，不服从正态分布，其它指标都服从正态分布。

表 1 6 种线性客观赋权法权重的比较

	熵权	复相关系数	离散系数	概率权	CRITIC	DIDF
总被引频次	0.303	0.148	0.269	0.000	0.166	0.293
被引半衰期	0.025	0.258	0.067	0.058	0.157	0.093
影响因子	0.225	0.094	0.222	0.000	0.132	0.148
即年指标	0.347	0.129	0.271	0.001	0.196	0.264
基金论文比	0.081	0.152	0.110	0.941	0.229	0.121
引用半衰期	0.020	0.219	0.062	0.000	0.120	0.081
权重离散系数	0.862	0.363	0.590	2.280	0.243	0.541

从权重的离散系数看，概率权法的离散系数最大，达到了 2.28，其它客观评价方法的离散系数都小于 1，并且概率权法计算的结果中，总被引频次、影响因子、引用半衰期 3 个指标的权重为 0，即年指标的权重也接近于 0，显然这是有问题的。究其原因，概率权就是根据评价指标大于最优指标的可能性来确定权重，在本例中，由于少数优秀期刊的总被引频次、影响因子、引用半衰期、即年指标值极高，也就是说这几个指标超过最优指标的可能性几乎为零，因此这些指标的概率权为 0。根据标准正态分布表，当 $z > 3.0$ 时， $p(z > 3.0) = 0.001$ ，已经接近于 0 了。因此在最优评价对象相当杰出的情况下，是不适宜采用概率权进行评价的，这点似乎没有引起学术界的重视。

熵权法指标权重从大到小的次序依次是即年指标、总被引频次、影响因子、基金论文比、被引半衰期、引用半衰期。有趣的是，离散系数法的指标权重从大到小的排列顺序与熵权法完全一致，这并不是偶然的巧合，因为两者都是根据数据波动程度赋权的，波动程度越大，权重越高。

复相关系数法侧重于期刊评价指标所能提供的独立信息进行赋权，CRITIC 和独立信息数据波动赋权法都兼顾了独立信息与数据波动，但由于原理不同，3 者权重结果相差很大。为了进一步进行比较，本文给出采用 6 种评价方法评价的前 20 种期刊的评价结果，如表 2 所示。

表 2 6 种线性客观赋权法评价结果的比较

	熵权	排序	离散	排序	复相关	排序	概率	排序	CRITIC	排序	DIDF	排序
			系数		系数		权					
中国农业科学	87.14	1	75.80	1	75.54	1	96.33	3	77.79	2	77.92	1
作物学报	83.72	2	73.31	3	67.67	4	96.35	2	73.47	3	74.41	2
PEDOSPHERE	68.62	6	74.25	2	74.99	2	97.18	1	78.95	1	71.16	3
中国水稻科学	73.14	4	66.85	4	67.27	5	95.73	4	71.82	4	66.58	4
水土保持学报	73.22	3	63.10	6	70.66	3	95.57	5	70.13	5	64.55	5
植物营养与肥料学报	68.91	5	63.57	5	64.98	8	91.05	18	68.51	6	63.37	6
土壤学报	67.64	7	62.70	7	64.25	9	94.95	7	66.47	7	61.96	7
农业工程学报	64.94	9	54.02	8	66.26	6	82.28	34	62.87	9	56.73	8
园艺学报	64.95	8	52.64	9	56.26	16	85.06	28	57.85	11	54.42	9
新疆农业科学	61.77	10	50.86	10	65.28	7	90.28	19	64.03	8	52.94	10
浙江农业学报	57.91	11	46.37	12	58.62	11	82.42	31	57.86	10	48.37	11
土壤	55.03	16	47.90	11	57.98	12	86.27	26	56.86	12	47.98	12
果树学报	52.40	21	43.81	13	53.36	27	72.33	54	52.52	20	45.47	13
农业机械学报	50.44	31	41.56	16	60.65	10	66.36	61	53.98	14	44.68	14
甘肃农业大学学报	48.17	37	42.63	15	56.41	14	63.92	65	52.69	19	44.39	15
棉花学报	55.31	14	42.96	14	55.26	22	92.77	15	54.93	13	43.90	16
福建农林大学学报 自然科学版	54.48	17	41.22	17	50.69	37	82.38	33	51.31	22	42.95	17
杂交水稻	50.90	28	40.24	19	55.96	18	72.12	55	51.83	21	42.60	18
扬州大学学报农业 与生命科学版	56.19	13	39.76	20	52.50	32	94.58	8	52.93	18	41.74	19
湖南农业大学学报 自然科学版	55.04	15	39.44	21	55.41	21	93.93	12	53.61	15	41.65	20

5 结论与讨论

5.1 独立信息数据波动赋权法是对客观赋权评价方法的创新

独立信息数据波动赋权法吸取了现有线性客观赋权法的所有优点，从数据能够提供的独立信息以及数据本身的变化程度角度进行评价，统计指标提供的独立信息越大，权重越大，统计指标的数据波动程度越大，权重越大。该方法充分挖掘现有数据的特点，将线性客观赋权法的应用提高到一个新的理论高度，是迄今为止线性客观赋权法中较科学的评价方法，丰富了现有的评价理论。

5.2 独立信息数据波动赋权法对指标选取提出了较高要求

由于独立信息数据波动赋权法强调了科技评价指标的独立信息和数据波动，权重的赋值是根据二者相乘后计算所得，因此在选取评价指标时，如果评价指标与评价目的关系不大，那么有可能提供的独立信息中掺有无关信息，反而会带来更大误差，影响评价结果。比如学

术期刊评价中的平均作者数指标,选取时就应该慎重,因为某些学科的期刊中,一定程度上平均作者数越多,期刊质量相对越高,但这种情况并不是普遍的,该指标就不宜选取。

关于数据波动,也要进行深入分析。如果指标数据波动很大,就要分析其中的原因,对于一些新生事物指标,其发展必然较快,相对而言权重可能较高,如果超过其它重要指标权重很多就要引起注意,从指标内容和指标发展影响因素的角度多进行分析,慎重进行取舍。

5.3 线性客观赋权评价法有其适用条件

对于线性客观赋权评价方法的适用条件的研究总体上较弱。很多线性客观赋权评价法的适用条件其实是隐含的,比如复相关系数法是根据复相关系数的倒数来计算权重,极端情况下,如果一个指标提供几乎完全信息,那么复相关系数有可能接近0,其倒数必然很大,从而导致该指标的权重极大,显然是不合适的。概率权法也有两个适用条件,首先统计指标必须服从正态分布,其次某个指标的最优值不能超过平均值很多,否则容易导致该指标的权重为零。独立信息数据波动赋权法对指标的选取要求也比较高。

目前,多属性评价技术已经走向多元化、组合化,不断涌现出新的评价方法。将各种评价方法的优点相结合,采取组合评价已成为一种趋势。本文介绍的独立信息数据波动赋权法并不一定要单独使用,可以作为线性客观赋权评价法的代表,与其它优秀的主观评价法或非线性评价方法进行组合,进而达到较好的评价效果。

5.4 熵权法和离散系数法的权重有相似之处

熵权法和离散系数法由于其原理相近,其指标权重的计算结果较为相似,但这并不意味着评价结果排序完全相同。当然,这也仅是线性评价中特有的现象,对于非线性评价,由于其原理相差较大,有些方法也不需要赋权,这种情况往往难以出现,或者说,非线性评价原理相近的方法是较少的。

参考文献

- [1]MOED. H. F.,R.E. DE BRUIN.. New bibliometric tools for the assessment of national research performance[J]. *Scientometrics*,1995,33:381-422
- [2]Hirsch,J.E. An index to qualify an individual's scientific research output. Proceeding of the national academy of sciences USA[M]. 2005,102:16569-16572
- [3]Markpin, T., Boonradsamee, B., Ruksinsut, K., Yochai, W., Premkamolnetr, N., Ratchatahirun, P. and Sombatsompop, N. (2008). Article-count impact factor of materials science journals in SCI database. *Scientometrics*, 75(2), 251 - 261
- [4]Weiping Yue、Concepcion S. Wilson. Measuring the citation impact of research journals in clinical neurology: a structural equation modeling analysis[J]. *Scientometrics*,2004 (3): 317-334
- [5]苏新宁. 构建人文社会科学学术期刊评价体系[J]. *东岳论丛*, 2008 (1): 35-42
- [6]邱均平、张荣等. 期刊评价指标体系及定量方法研究[J]. *现代图书情报技术*, 2004 (7): 23-26
- [7]庞景安、张玉华等. 中国学术期刊综合评价指标体系的研究[J]. *中国学术期刊研究*,2000(11):217-219
- [8]李凯扬、贾玉萍. 基于 AHP 的期刊全文数据库的模糊综合评价[J]. *情报科学*, 2005 (11): 1688-1703
- [9]王小唯、杨波等. 学术期刊质量评估的二次相对评价方法[J]. *编辑学报*, 2003 (6): 231-232
- [10]李修杰、陈景武. 运用判别分析法建立的期刊评估指标体系[J]. *江西图书馆学刊*, 2006 (3): 48-50
- [11]王玖、徐天和. 秩和比法在医学学术期刊学术质量综合评价中的应用[J]. *数理医药学杂志* 2003 (3): 266-267
- [12]陈汉忠. 主成分分析在学术期刊评价中的应用[J]. *中国学术期刊研究*, 2004 (6): 658-660
- [13]凌春艳、莫琳. 自然科学学术期刊质量指标体系的属性数学综合评价模型[J]. *数学的实践与认识*,2004 (5) :1-7

- [14]邱均平, 李爱群等. 中国学术期刊评价的特色、做法与结果分析[J]. 重庆大学学报(社会科学版), 2008(4): 64-69
- [15]Diakoulaki D, Mavrotas G, Papayannakis L. Determining objective weights in multiple criteria problems: the CRITIC method[J]. Computers Ops Res, 1995, 22(7): 763-770.
- [16]俞立平, 潘云涛, 武夷山. 学术期刊多属性评价中指标相关关系修正研究[J]. 科学学研究, 2009(7): 989-993