

环境绩效评估中多种赋权方法的对比分析

文 博¹, 魏 微¹, 王杰才¹, 尚英男¹, 江沂璟¹, 王 琴¹, 李 琳²

(1. 成都市环境保护科学研究院, 四川 成都 610031;

2. 成都市温江生态环境局, 四川 成都 611130)

摘要: 文章以成都市 2011~2016 年统计数据为基础, 构建成都市环境绩效评估指标体系, 采用 4 种客观赋权法 (均权法、熵值法、标准离差法和 CRITIC 法) 和一种主观赋权法 (专家评分法) 进行权重分配实验, 得到了不同方法下指标体系的权重分配结果、环境绩效指数 (EPI) 和排名结果。结果表明, 4 种客观赋权方法在权重分配结果和 EPI 指数方面与专家评分法具有较大差异。但不同方法间的排名差异则较小; 对排名结果进行进一步分级评价后, 一致性随着差异减小而提高。笔者认为, 客观赋权法不适合单独使用, 其结果也不适合以绝对值的形式出现; 以排名等较宏观的形式来应用客观赋权法的成果可以有效提高结果的可用性并减小争议。多种赋权法相结合方式是未来环境绩效评估工作中权重分配工作更好的选择。

关键词: 环境绩效评估; 均权法; 熵值法; 标准离差法; CRITIC 法; 专家评分法

中图分类号: X321

文献标志码: A

DOI: 10.16803/j.cnki.issn.1004-6216.2020.01.008

Contrastive Analysis of Different Empowerment Methods in Environmental Performance Evaluation

WEN Bo¹, WEI Wei¹, WANG Jiecai¹, SHANG Yingnan¹, JIANG Yijing¹, WANG Qin¹, LI Lin²

(1. Chengdu Academy of Environmental Sciences, Chengdu 610031, China;

2. Wenjiang Ecological Environment Bureau of Chengdu City, Chengdu 611130, China)

Abstract: Based on the statistical data of Chengdu from 2011 to 2016, this paper establishes the index system of environmental performance evaluation in Chengdu. Four objective weighting methods (the average weight method, the entropy method, the standard deviation method and the CRITIC method) and the expert scoring method are used to carry out weighting assignment experiments. The weighting assignment results and the EPI as well as the ranking result of the index system are obtained. The results show that the four objective weighting methods are significantly different from expert scoring methods in terms of weight distribution results and EPI index. However, the ranking difference between different methods is smaller. The consistency improves as the difference decreases after further ranking evaluation of the ranking results. The author believes that the objective weighting method is not suitable to be used alone, and the results are not suitable to appear in the form of absolute values. Applying the results of the objective weighting method in a fuzzy manner such as ranking can effectively improve the availability of results and reduce disputes. The combination of multiple weighting methods is a better choice for the weight distribution in a future environmental performance evaluation.

Keywords: Environmental Performance Evaluation; Average Weight Method; Entropy Method; Standard Deviation Method; CRITIC Method; Expert Scoring Method

CLC number: X321

环境绩效评估作为一种新的管理模式, 具有其先进性, 建立和健全环境绩效考核体系不仅能为全面客观地衡量政府环境保护工作的实际效率、效果和及时性提供平台, 更能为促进环境管理水平的持续提升提供保障和动力^[1]。在环境绩效评估工作

中, 科学地构建指标体系并赋予合理的权重是其非常重要的一环。在目前各地开展的环境绩效评估工作中, 均权法是最常见的赋权方法, 专家打分法和层次分析法等主观赋权法也有一定的使用频率, 而其他客观赋权法则较少被使用。在目前的环境

收稿日期: 2019-06-11

作者简介: 文 博(1989-), 男, 硕士、工程师。研究方向: 环境规划与政策研究。E-mail: vanebill@foxmail.com

通信作者: 尚英男(1977-), 女, 博士、高级工程师。研究方向: 环境规划与政策研究。E-mail: shangyn@cdaes.cn

引用格式: 文 博, 魏 微, 王杰才, 等. 环境绩效评估中多种赋权方法的对比分析[J]. 环境保护科学, 2020, 46(1): 41-46.

绩效评估工作中,常因为主观方法得到的权重分配结果无法满足各方面对指标的重视程度而产生争议,进而对评估结果产生不认同感。而客观赋权法有不依赖于人为主观判断的特点,可以有效消除这些争议产生的可能。所以在环境绩效评估工作中开展客观赋权法的应用,对促进环境评估工作的发展是有积极意义的。

客观赋权法是直接根据指标的原始信息,通过统计方法处理后获得权数的一种方法^[2],常见的有熵值法、标准离差法、主成分分析法、CRITIC法和均权法等。相对而言,这类方法受主观因素影响较小,它的缺陷在于权数的分配会受到样本数据随机性的影响,不同的样本即使用同一种方法会得出不同的权数^[2];同时其结果无法解释,也无法比较。本文选取部分客观赋权法对构建的成都市环境绩效评估指标体系进行赋权,并进一步计算环境绩效指数(EPI),对不同赋权方法产生的EPI结果进行对比分析,探究不同赋权方法得到的环境绩效评估结果的特点,并根据此结果对客观赋权法在环境绩效评估中的应用提出自己的看法。

1 研究实证分析

1.1 研究区概况

成都市是四川省省会,国家中心城市,是西部地区重要的中心城市。成都市位于四川盆地西部,成都平原腹地,境内地势平坦、河网纵横、物产丰富、农业发达,属亚热带季风性湿润气候,位于东经 102°54' ~ 104°53'、北纬 30°05' ~ 31°26'之间。成都市下辖 11 个市辖区,4 个县,代管 5 个县级市。

1.2 研究方法

1.2.1 均权法 由一级指标权重平均分配至二级指标,以此类推。这种权重分配方法跟指标选取的数量有很大关系。

1.2.2 熵值法 熵的概念源于热力学,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。构建由 m 个待评对象和 n 项评价指标组成的原始指标数据矩阵 $X=(X_{ij})_{m \times n}$,指标值 X_{ij} 的差异越大,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;如果该项指标值没有差异,则该指标在综合评价中不起作用^[3]。

第 j 项指标信息熵的计算见式(1)^[4]。

$$E_j = -(\ln m)^{-1} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} (j=1,2,3 \dots) \quad (1)$$

式(1)中, m 为被评价对象数目, n 为评价指标数目。

各指标客观权重计算见式(2)。

$$w_j = \frac{1 - E_j}{n - \sum_{j=1}^n E_j} (j=1,2,3 \dots) \quad (2)$$

1.2.3 标准离差法 在标准离差法中,指标越大的标准差则表明其变异程度越大,该指标所包含的信息量也越大,在综合评价的重要性越高,其权重也越大,反之,其权重就越小。标准离差法计算各指标的权重见式(3)。

$$W_i = \frac{\sigma_i}{\sum_{i=0}^n \sigma_i} \quad (3)$$

式(3)中, W_i 为第 i 项指标的权重, σ_i 为第 i 项指标的标准差。

1.2.4 CRITIC 法 CRITIC 方法是由 DIAKOULAKI^[5]提出的一种客观权重赋权法。它的基本思路是确定指标的客观权数,以 2 个基本概念为基础。一是对比强度,它表示某一指标的指标值差距的大小,以标准差的形式来表现,标准差越大的指标其指标值差异越大,该指标也越重要。二是指标之间的冲突性,指标之间的冲突性是以指标之间的相关性为基础,如 2 个指标之间具有较强的正相关,说明 2 个指标冲突性较低^[6]。

第 j 个指标与其他指标的冲突性量化指标见式(4)。

$$\sum_{t=1}^n (1 - r_{tj}) \quad (4)$$

其中, r_{tj} 评价指标 t 和 j 之间的相关系数见式(5)。

$$r_{tj} = \frac{\sum (t - \bar{t})(j - \bar{j})}{\sqrt{\sum (t - \bar{t})^2 \sum (j - \bar{j})^2}} \quad (5)$$

设 C_j 表示第 j 个评价指标所包含的信息量,则 C_j 见式(6)。

$$C_j = \delta_j \sum_{t=1}^n (1 - r_{tj}) (j=1,2,3,4,5 \dots) \quad (6)$$

第 j 个指标的客观权重见式(7)。

$$W_j = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^m C_j} (j=1,2,3,4,5 \dots) \quad (7)$$

1.2.5 专家评分法 专家评分法是一种主观权重分配方法,首先根据评价对象的具体情况选定若干

个评价指标,再根据评价指标制订出评价标准,聘请若干代表性专家凭借自己的经验按此评价标准给出各指标的评价分值^[7],然后将各指标所得的评分相加得到该指标的总分,最后根据指标的分值大小获得权重。

$$C_j = \sum_{i=1}^n C_{ij} \quad (8)$$

$$W_j = \frac{C_j}{\sum_{j=1}^m C_j} \quad (9)$$

式(8~9)中, C_j 为第 j 个指标的评价分值总和, C_{ij} 为第 i 个专家对第 j 个指标的评价分值, W_j 为第 j 个指标的权重。

1.3 指标体系构建

以 2011~2016 年成都市统计数据平均值为基础(主要来自《成都统计年鉴》、《成都市环境质量报告书》、《成都市环境统计年报》、《成都市水资源公

报》等)。根据不同指标的实际情况,以相应的国际标准、各级政府部门制定的规划和建设指标要求所确定的目标值为参考,确定指标目标值。采用目标渐进法(折线形无量纲方法)对指标进行标准化处理,该方法有针对性地评估环境政策、目标等的实现情况,对各评价指标进行数据标准化处理。

通过对已有研究成果的指标体系进行整理分析,并综合考虑了成都市的特点与问题、数据的可获得性,最终确定了 4 个二级指标、11 个三级指标、36 个四级指标。并将情况相似的武侯区、锦江区、青羊区等中心城区合并为“五城区”参与评价,最终确定的样本区(市)县共 15 个。采用均权法、熵值法^[4]、标准离差法和 CRITIC 法等 4 种客观赋权法计算获得各指标的权重。并邀请若干具有代表性的专家,采用专家评分法的计算结果作为对照见表 1。

表 1 环境绩效评估指标体系

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	均权法	熵值法	标准离差法	CRITIC法	专家评分法	
环境绩效指数	环境质量	大气环境质量	空气质量优良天数比例	1.39	2.61	0.87	0.90	4.66	
			PM _{2.5} 年均浓度	1.39	3.10	2.17	2.16	3.45	
			PM ₁₀ 年均浓度	1.39	2.77	2.16	2.19	3.45	
			NO ₂ 年均浓度	1.39	2.67	2.81	2.90	3.28	
			SO ₂ 年均浓度	1.39	2.60	0.21	0.21	3.28	
			O ₃ 日最大8 h平均值	1.39	2.90	3.20	2.90	3.45	
	水环境质量	水环境质量	市控以上断面水质优良(达到或优于Ⅲ类)比例	4.17	3.43	6.38	6.04	4.48	
			城乡集中式饮用水水源地保护区水质达标率	4.17	2.60	0.71	0.71	4.14	
			声环境质量	道路交通噪声	4.17	2.94	3.13	3.27	2.24
	声环境质量	声环境质量	区域环境噪声	4.17	3.06	3.01	3.27	2.41	
			城镇绿化	城镇绿化	人均公园绿地面积	4.17	2.95	4.47	4.24
	建成区绿化覆盖率	4.17			2.64	1.82	1.69	2.59	
	生态环境保护	生态环境	生态环境	森林覆盖率	4.17	3.22	5.97	6.20	1.90
				生态环境状况指数	4.17	2.70	3.14	3.19	4.66
	农业与土地管理	农业与土地管理	农业与土地管理	农药使用强度	2.78	2.92	4.26	4.44	1.38
				化肥施用强度	2.78	2.86	4.04	4.21	1.38
单位GDP建设用地面积				2.78	2.90	3.81	4.00	1.55	
资源与能源利用				能源利用	单位GDP能源消耗总量	6.25	2.67	2.73	2.50
	单位工业增加值煤炭消耗量	6.25	2.63		1.90	1.64	3.10		

续表 1

一级指标	二级指标	三级指标	四级指标	均权法	熵值法	标准离差法	CRITIC法	专家评分法
环境治理	资源利用		工业固废综合利用率	3.13	2.64	2.18	2.27	2.07
			单位GDP水耗	3.13	2.75	3.62	3.79	2.07
			用水普及率	3.13	2.72	3.01	3.03	1.90
			燃气普及率	3.13	2.85	3.68	3.84	1.90
	污染控制		化学需氧量排放强度	1.39	2.72	3.41	3.57	2.41
			氨氮排放强度	1.39	2.76	3.44	3.51	2.41
			氮氧化物排放强度	1.39	2.64	2.02	1.73	2.41
			工业二氧化硫排放强度	1.39	2.62	1.64	1.41	2.41
			工业固体废物排放强度	1.39	2.64	2.17	1.86	2.41
			工业烟粉尘排放强度	1.39	2.73	3.25	3.05	2.41
	污染治理		污水处理率	2.78	2.72	2.86	3.19	3.79
			危险废物安全处置率	2.78	2.61	1.23	1.31	3.79
			生活垃圾无害化处理率	2.78	2.64	2.02	1.76	3.62
	环境管理		本级环保能力建设资金使用总额占GDP比重	2.08	2.9	4.67	4.96	3.62
			环境信访办结比例	2.08	2.61	0.80	0.88	1.55
			违法案件处理率	2.08	2.61	0.76	0.73	2.07

1.4 权重分配与绩效指数计算结果分析

1.4.1 权重分配结果分析 4种客观赋权方法所得的权重分配结果在权重分布区间和标准差方面各不相同,与专家评分法有较大差距见表2。

表 2 5种方法权重分配结果

方法	最大/%	最小/%	标准差
均权法	6.25	1.39	0.013 64
熵值法	3.43	2.60	0.001 94
标准离差法	6.38	0.21	0.013 95
CRITIC法	6.20	0.21	0.014 41
专家评分法	4.66	1.38	0.009 17

表2可知,均权法、标准离差法和CRITIC法存在分布区间更大、离散程度更高的特点;熵值法则具有最小的权重分布区间和最小的离散程度。

1.4.2 环境绩效指数计算结果分析 文章所计算的环境绩效指数(EPI),由四级指标开始,采用此方法逐级加权求和得出指标体系中各指标的得分,以及最后的综合环境绩效指数得分见表3。计算公式见式(10)。

$$EPI = \sum_{i=1}^n (w_i x_i) \quad (10)$$

式(10)中, n 为指标数; w_i 为第*i*个指标的权重; x_i 为该指标的标准化值。

表3可知,5种EPI结果的标准差差距较小,专家评分法的离散程度仅略高于其他4种方法;但专家评分法的最低分(金堂县,69.072)和最高分(都江堰市,83.265)均高于4种客观赋权法的结果。说明这四种客观赋权法的EPI计算结果也与专家评分法有一定差异。

1.4.3 区(市)县环境绩效指数排名结果分析

对这5种方法计算得到的各区(市)县EPI进行直接排名,发现5种方法的排名结果虽然各不相同,但直观感觉差异明显减小,除郫都区、龙泉驿区和大邑县等少数区(市)县差异较大,大部分区(市)县的排名差异在2~3位以内。对这5种方法进行Kappa一致性检验,结果见表4。除标准离差法与CRITIC法的Kappa系数为0.643,达到高度一致性(0.61~0.8)外,其他方法之间的一致性均较低,最低为CRITIC法与熵值法之间的0.071。4种赋权法中有2种方法(熵值法、标准离差法)与专家评分法之间达到了一般一致性(0.21~0.40)。

表 3 成都市各区(市)县环境绩效指数(EPI)计算结果

区县名称	均权法		熵值法		标准离差法		CRITIC法		专家评分法	
	EPI	排名	EPI	排名	EPI	排名	EPI	排名	EPI	排名
六城区	72.881	14	72.911	13	67.313	14	66.959	14	70.660	14
龙泉驿区	77.434	8	77.481	4	75.242	3	74.839	3	79.301	6
青白江区	76.866	9	75.896	9	71.638	9	71.723	7	75.723	10
新都区	77.953	6	76.400	5	70.998	10	70.363	10	77.181	9
温江区	78.697	4	78.068	3	75.193	4	74.492	4	81.150	3
双流区	74.298	12	74.382	12	69.438	13	69.168	13	75.658	11
郫都区	76.728	10	75.947	8	71.945	8	71.371	9	79.531	4
金堂县	68.163	15	67.683	15	63.627	15	64.408	15	69.072	15
大邑县	77.950	7	75.869	10	73.503	5	73.290	5	78.253	8
蒲江县	78.538	5	76.266	7	72.212	7	71.580	8	78.862	7
新津县	74.885	11	74.384	11	69.807	11	69.562	12	75.604	13
都江堰市	79.359	2	79.471	1	76.750	2	76.153	2	83.265	1
彭州市	73.014	13	72.414	14	69.618	12	69.706	11	75.653	12
邛崃市	79.102	3	76.338	6	73.488	6	72.810	6	79.521	5
崇州市	81.896	1	79.149	2	76.867	1	76.398	1	81.150	2
最大	81.896		79.471		76.867		76.398		83.265	
最小	68.163		67.683		63.627		64.408		69.072	
标准差	16.033		16.184		15.058		15.227		16.222	

表 4 区(市)县排名 Kappa 一致性检验结果

Kappa系数	均权法	熵值法	CRITIC法	标准离差法	专家评分法
均权法	1	0.214	0.286	0.429	0.071
熵值法	0.214	1	0.071	0.357	0.214
CRITIC法	0.286	0.071	1	0.643	0.071
标准离差法	0.429	0.357	0.643	1	0.286
专家评分法	0.071	0.214	0.071	0.286	1

1.4.4 小结 专家评分法作为比较主流的主观赋权法,其赋权结果凝结了众多专家的智慧与经验,本文认为专家评分法所得即为较权威的结果,越接近专家评分法的结果越优秀。通过对权重分配结果、EPI 指数计算结果对比分析,发现客观赋权法不仅互相之间很难达成一致,与专家评分法的结果也存在一定差异。但这些方法的计算结果进行排名后再进行比较,可以很直观地发现成都市各个区(市)县在不同方法下的排名差异较小,多数区(市)县在不同方法中的排名仅相差 1~3 位,与专家评分法的差异明显缩小,说明排名结果在一定程度上

是可信的。

1.5 成都市各区(市)县环境绩效指数排名结果的分级比较

将 1.4.3 中的 EPI 排名结果划分为 5 个等级(排名 15~13 为 5 级,12~10 为 4 级,9~7 为 3 级,6~4 为 2 级,3~1 为 1 级),则 4 种客观赋权方法之间的 Kappa 一致性系数则有显著的提升,与专家评分法的一致性也有显著提升,见表 5。将排名结果进一步分为更加宏观的 3 个等级(排名 15~11 为 1 级,10~6 为 2 级,5~1 为 1 级),Kappa 系数最低达到了 0.6,即最低达到中等相关性,与专家

评分法的一致性也达到了中等相关以上见表 6。

表 5 5 级分类的 Kappa 一致性检验结果

Kappa 系数	均权法	熵值法	CRITIC法	标准离差法	专家评分法
均权法	1	0.333	0.333	0.5	0.250
熵值法	0.333	1	1	0.5	0.333
CRITIC法	0.333	1	1	0.5	0.333
标准离差法	0.500	0.500	0.500	1	0.500
专家评分法	0.250	0.333	0.333	0.5	1

表 6 3 级分类的 Kappa 一致性检验结果

Kappa 系数	均权法	熵值法	CRITIC法	标准离差法	专家评分法
均权法	1	0.6	0.6	0.6	0.8
熵值法	0.6	1	1	0.8	0.6
CRITIC法	0.6	1	1	0.8	0.6
标准离差法	0.6	0.8	0.8	1	0.6
专家评分法	0.8	0.6	0.6	0.6	1

对 EPI 排名结果进行分等定级可以缩小它们之间的差异,不同客观赋权法结果之间、客观赋权法和主观赋权法结果之间的差异都变小了。这也进一步证明了这 4 种客观赋权法的 EPI 结果与专家评分法在宏观上的高一致性,客观赋权法通过分级以后得到的宏观结果是可用的。

2 结论与建议

1) 客观赋权法在环境绩效评估中不适合单独使用。4 种赋权法得到的权重分配结果各不相同,如果没有较权威的结果作为参照,无法判断何种客观赋权法更为合理,其方法本身也无法对结果进行解释,这造成了客观赋权法的应用结果难以获得广泛认可。故不推荐单独使用某一种客观赋权法进行权重分配,应采用 2 种或以上客观赋权法相结合,或与主观赋权法相结合使用。

2) 采用客观赋权法的环境绩效指数计算结果适合以排名的形式加以应用。将各区(市)县的环境绩效指数得分进行排名后,其表现形式由绝对的

分值转换为相对的名次,其在各个方法中的差异明显缩小,与专家评分法的排名结果差异同样明显减小,达到了一定的一致性,这说明排名结果是有一定可用性的。同时,排名结果往往是此类指数发布后,大众最关心的一项指标。所以笔者认为客观赋权法在具体应用中得到的结果,都可以使用排名的形式发布,这样能减小争议,提高可信度。

3) 分级评价可以进一步提高客观赋权法的可用性。对 4 种客观赋权法计算得到的环境绩效指数(EPI)结果进行分级评价后,与专家评分法的差异缩小,一致性扩大,说明客观赋权法在实际应用中,若以更宏观的分级排名(分为五级或更少)的形式出现,其争议则更小,可用性更高。

4) 多种赋权法相结合是未来发展的方向。客观赋权法,排除了主观因素,方法简单快捷,但结果无法验证和解释,导致认可度较低,耗费成本低。主观赋权法凝聚了人类的智慧和经验,可解释性高、容易获得大众的认同,但耗费成本较高。客观方法与主观方法相结合,既保留了人类的智慧和经验,也根据样本数据的特点对主观判断进行了修正,同时结合了两者的优势,是未来的发展方向。

参考文献

- [1] 曹国志,王金南,曹东,等.关于政府环境绩效管理的思考[J].中国人口·资源与环境,2010,20(5):215-218.
- [2] 蒋雯.省级环境绩效评估研究[D].杭州:浙江大学,2011.
- [3] 俞立平,潘云涛,武夷山.科技评价中不同客观评价方法权重的比较研究[J].科技管理研究,2009,29(8):148-150.
- [4] 王昆,宋海洲.三种客观权重赋权法的比较分析[J].技术经济与管理研究,2003(6):48-49.
- [5] DIAKOULAKI D, MAVROTAS G, PAPAYANNAKIS L. Determining objective weights in multiple criteria problems: The critic method[J]. Computers&Operations Research, 1995, 22(7): 763-770.
- [6] 张玉,魏华波.基于 CRITIC 的多属性决策组合赋权方法[J].统计与决策,2012(16):75-77.
- [7] 周坚.城镇化发展背景下贵州耕地保护效应评价[J].中国农业资源与区划,2019,40(2):89-93.