

[主持人语]环境污染加剧是21世纪全人类共同面临的严峻问题。一定程度上讲,二氧化碳和二氧化硫排放量的过快增长,以及能源结构和产业结构的低层次演进,都将加重区域环境的日益恶化。为此,在适度控制二氧化碳增量的同时逐步提高碳排放效率,研究分析区域经济增长与二氧化硫排放量之间的关系,以及基于能源结构和产业结构视角分析区域能源消费碳排放,都应成为我国低碳相关研究领域的重点。基于此,本期刊发《基于OWA-TOPIS模型的湖南省能源碳排放经济效率聚类分析》《我国干旱地区经济增长与二氧化硫排放量的关系研究——以甘肃省为例》以及《基于能源消费结构和产业结构视角的湖南省碳排放研究》3篇文章,拟在上述研究层面抛砖引玉,促进低碳研究成果的丰富和完善。

基于OWA-TOPIS模型的湖南省能源碳排放经济效率聚类分析

周跃云,赵先超,丁 梦

(湖南工业大学 低碳城市研究所,湖南 株洲 412007)

[摘 要]通过对湖南省不同市州的能源消费碳排放经济效率进行研究,采用OWA算子赋权方法对不同年份进行权重分配,运用Topsis方法对各市州碳排放经济效率进行测度,并对湖南省能源消费碳排放经济效率进行空间聚类分析,得出如下研究结果:湖南省能源消费碳排放经济效率较低;湖南省能源消费碳排放经济效率呈现较大的空间差异。

[关键词]OWA-Topsis;能源消费碳排放;经济效率;聚类;优化

[中图分类号]F426.2 F206

[文献标识码]A

[文章编号]1674-117X(2014)03-0001-04

Cluster Analysis for Energy Carbon Emissions Efficiency of Hunan Province based on the OWA-TOPSIS Model

ZHOU Yueyun, ZHAO Xianchao, DIN Meng

(Low-Carbon City Research Institute, Hunan Technology University, Zhuzhou, Hunan, 412007, China)

Abstract: The carbon emissions has become an important problem for achieving the sustainable development. We have done a research on economy efficiency of energy consumption carbon emissions for each city of Hunan Province. Based on the OWA and Topsis method, the carbon emissions economy efficiency was measured, and its spatial difference was clustered. The results showed that: (1) a low carbon emissions economy efficiency was low in Hunan Province from the overall view; (2) a big spatial difference of carbon economy efficiency was occurred in Hunan Province.

Key words: OWA-Topsis; energy consumption carbon emission; economy efficiency, cluster; optimize

区域可持续发展的核心是实现人口、资源、环境、经济与社会复合系统的协调与平衡。一定程度

上讲,区域碳排放的过快增长,必然引起区域环境的恶化。碳排放问题已经成为影响区域实现可持

收稿日期: 2014-03-20

基金项目: 教育部人文社科规划基金(12YJA790215); 湖南省教育厅优秀青年项目(13B002); 湖南工业大学科学研究项目(2012HZX13; 2013HZX27)

作者简介: 周跃云(1961-),男,湖南益阳人,湖南工业大学教授,硕士生导师,研究方向为区域经济、城乡规划等。

续发展的重要问题。碳排放不仅包括人均指标的多少,还应包括碳排放效率。在面临全球生态环境急速恶化的严峻形势下,逐步提高碳排放效率已经成为解决区域可持续发展问题的有效途径之一。在此背景下,国内外许多学者^[1-6]对碳排放的效率问题进行了研究。其中:一个重要的研究成果是碳排放经济效率可以用单位 GDP 引起的碳排放量来表示。从理论上讲,由于评估能源碳排放经济效率的指标只有一个,不须对指标进行权重的赋予,但是,为保证研究过程及结果的科学性,有必要对不同年份进行赋权。因此,本文采用 OWA 算子赋权方法对不同时段实行权重赋权,并结合 Topsis 构建加权组合模型,对湖南省及各地州的能源消费碳排放经济效率进行科学评估。

一 研究方法 with 数据来源

(一) OWA - Topsis 模型

1. OWA 算子赋权方法。OWA 算子赋权思想是依据决策数据本身来确定相应的权重。近年来,一种光滑连续的正态分布密度函数已经被普遍接受。本文结合能源碳排放量的面板数据,采用王煜提出的一种基于决策数据的赋权方法,以求与指标相对应的各年份时间权重^[7]。OWA 算子赋权的方法主要分为以下几步:

第一步:设 X_{it} 表示 i 城市 t 年的能源消费碳排放经济效率,即 GDP 与能源消费碳排放量的比值。将每一年的 X_{it} 值加总后求平均值($\bar{X}_i = \sum_{t=1}^m X_{it}/m$),并以此作为权重决策数据($x = (x_1, x_2, \dots, x_t)$),表示每一年湖南省整体能源消费碳排放经济效率。每个数据的权重为 $1/n$,得到序列的均值 $\bar{X}_i = \sum_{t=1}^n X_{it}/n$ 与

$$\text{方差 } \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (x_t - \bar{x})^2}{n}}.$$

第二步:数据标准化处理。利用上式得到的均值和方差进行决策数据标准化处理,其计算公式为:

$$\beta_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}, \text{ 形成 } \beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_t).$$

第三步:利用高斯密度函数 $\chi_i = \varphi(\beta_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{\beta_i^2}{2}}$,求得不同 β_i 值相对应下的 χ_i 值。

第四步:将求得的 χ_i 值进行单位化处理(0 ~ 1),

其计算公式为 $\omega_t = \chi_t / \sum_{t=1}^n \chi_t$,得到相应的权重向量 $\omega_t = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_t)$ 。

2. OWA - Topsis 加权组合评价方法。Topsis (Topsis method) 法是系统工程中有限方案多目标决策分析的一种常用方法,多用于效益评价、卫生决策等多个领域,特别是由于 Topsis 对样本资料无特殊要求,使用灵活简便,因此当前应用越来越广泛。OWA - Topsis 加权组合评价的主要步骤是^[8]:

第一步:评价指标趋同化。Topsis 法进行评价时,要求所有指标变化方向一致(即所谓同趋势化),即将高优指标转化为低优指标,或将低优指标转化为高优指标(一般采用此种方式),转化方法常用倒数法进行,即令原始数据中低优指标 $X_{ij} = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$,通过 $X_{ij}' = 1/X_{ij}$ 变换而转化为高优指标,然后建立同趋势化后的原始数据表。

第二步:矩阵归一化处理。对趋同化的原始数据矩阵进行归一化处理,并建立相应矩阵,其转换公式为:

$a_{ij} = X_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^n X_{ij}^2}$,得到的归一化矩阵为:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2m} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nm} \end{bmatrix}$$

第三步:从归一化矩阵中计算最优值向量和最劣值向量,即计算归一化矩阵中最优与最劣方案的评价集。计算方法分别如下:

最优方案: $A^+ = (a_{11}^+, a_{12}^+, \dots, a_{im}^+)$

最劣方案: $A^- = (a_{1j}^-, a_{12}^-, \dots, a_{im}^-)$

第四步:计算评价对象各指标值与最优方案及最劣方案的距离 D_i^+ 与 D_i^- ,其计算公式分别如下:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{t=1}^m \omega_t (a_{it}^+ - a_{it})^2}$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{t=1}^m \omega_t (a_{it}^- - a_{it})^2}$$

式中, D_i^+ 和 D_i^- 分别表示第 i 个评价对象与最优方案及最劣方案的距离; ω_t 表示 t 年的权重; a_{ij} 为某个评价对象 i 在第 t 年指标的取值。

第五步:计算诸评价对象与最优方案的接近程度 C_i ,其计算公式如下:

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}$$

式中, C_i 在 0 与 1 之间取值, C_i 值越接近 1, 表示该评价对象越接近最优水平;反之,越接近于 0, 表示该

评价对象越接近最劣水平。

第六步:按 C_i 大小将各评价对象排序, C_i 值越大,表示综合效应越好。

(二)数据来源

湖南省及各地州市 GDP 数据来源于湖南省统计年鉴,均为当年价。湖南省各市州能源消耗数据来源于《湖南省统计年鉴》中“规模以上工业企业综合能源消费量”以及“规模以上工业企业主要能源品种消费量”。湖南省各市州能源消费碳排放数据根据 ORNL(美国橡树岭国家实验室提供的方法测算)^[9]。能源消费碳排放经济效率定义为 GDP/能源消费碳排放。

二 湖南省各市州能源消费碳排放经济效率测算与分析

表 1 为 2008 ~ 2011 年湖南省各地市能源消费碳排放经济效率测算原始数据。

表 1 湖南省各地市能源消费

碳排放经济效率原始数据

单位:万吨

	2008	2009	2010	2011
长沙市	8.866	11.572	13.238	14.931
株洲市	2.916	2.940	3.971	4.210
湘潭市	1.493	0.677	1.771	1.784
衡阳市	2.212	2.355	2.364	2.509
邵阳市	4.099	3.300	5.894	7.827
岳阳市	1.118	0.872	1.775	1.645
常德市	4.125	4.234	4.126	4.430
张家界市	9.316	9.221	9.526	10.558
益阳市	2.270	2.727	2.321	2.484
郴州市	1.651	1.956	1.889	2.138
永州市	6.865	4.973	7.962	8.720
怀化市	4.308	3.656	6.035	7.567
娄底市	0.682	0.415	0.670	0.784
湘西州	9.035	5.064	12.468	15.636
湖南省平均	1.814	1.946	2.258	2.398

以 2011 年为例,长沙市、湘西自治州与吉首市能源消费碳排放经济效率较高,分别为 14.931 万元/吨、16.636 万元/吨以及 10.558 万元/吨。综合来看,这三个地区各年份碳排放经济效率都比较高。

由表 1 最后一行得到 4 个决策数据序列 [1.814, 1.946, 2.258, 2.398]。每个数据的权重为 1/4,那么序列平均值为 2.104,方差为 0.270。根据均值和方差求得标准化序列 [-2.697, -2.502, -2.041, -1.835]。高斯密度函数公式处理后得到权重粗糙序列 [0.026, 0.044, 0.124, 0.186],归

一化处理后得到不同年份的权重序列为 [0.069, 0.115, 0.327, 0.489]。

对上表中的数据进行归一化处理后,结果见表 2:

表 2 归一化处理矩阵

	2008	2009	2010	2011
长沙市	0.458	0.626	0.534	0.515
株洲市	0.151	0.159	0.160	0.145
湘潭市	0.077	0.037	0.071	0.062
衡阳市	0.114	0.127	0.095	0.087
邵阳市	0.212	0.178	0.238	0.270
岳阳市	0.058	0.047	0.072	0.057
常德市	0.213	0.229	0.166	0.153
张家界市	0.481	0.499	0.384	0.364
益阳市	0.117	0.147	0.094	0.086
郴州市	0.085	0.106	0.076	0.074
永州市	0.354	0.269	0.321	0.301
怀化市	0.222	0.198	0.243	0.261
娄底市	0.035	0.022	0.027	0.027
湘西州	0.467	0.274	0.503	0.539
湖南省平均	0.094	0.105	0.091	0.083

根据上表的数据确定最优和最劣向量,最优向量序列和最劣向量序列为:

MAX 序列 = [0.481, 0.626, 0.534, 0.539]

MIN 序列 = [0.035, 0.022, 0.027, 0.027]

然后,分别计算各指标值与最优、最劣向量的距离和接近度,并按照接近度的大小进行排列,具体结果见表 3。

表 3 基于 OWA 时间权重修正的 Topsis

各地市碳排放经济效率评价结果

地区	最优距离	最劣距离	接近度	排序
长沙市	0.018	0.505	0.965	1
株洲市	0.393	0.125	0.242	8
湘潭市	0.482	0.037	0.071	12
衡阳市	0.448	0.070	0.136	10
邵阳市	0.304	0.220	0.420	6
岳阳市	0.484	0.034	0.066	13
常德市	0.375	0.146	0.280	7
张家界市	0.156	0.370	0.704	3
益阳市	0.447	0.073	0.141	9
郴州市	0.465	0.053	0.103	11
永州市	0.242	0.281	0.538	4
怀化市	0.302	0.219	0.421	5
娄底市	0.518	0.000	0.000	14
湘西州	0.121	0.472	0.796	2
湖南省平均	0.456	0.062	0.120	

从上表可以看出,长沙、湘西州、张家界、永州

等市州的能源消费碳排放效率较高,而娄底、岳阳、湘潭、郴州、衡阳等城市的能源消费碳排放效率较低。从整体上看,湖南省各地市能源碳排放经济效率差异显著,碳排放经济效率最高的长沙市,其效率接近于1,而最低的娄底市,其效率接近于0,从各城市碳排放经济效率分布来看,除个别城市碳排放经济效率较高外,多数城市优势接近度小于0.5,这类城市共10个,占到全部地级城市的71%,优势接近度在0.3以下的城市共8个,占到全部地级城市的57%。加之,湖南省能源碳排放经济效率为0.124,也不及0.3,因此,从总体上看,湖南省能源碳排放经济效率比较低。

三 湖南省各市州能源消费碳排放经济效率聚类与优化

为进一步客观描述湖南省各地州能源消费碳排放经济效率的空间差异情况,参考国内学者对碳排放经济效率高低的划分标准^[3-7],将湖南省能源消费碳排放经济效率划分为以下三种类型(见表4)即:碳排放经济效率高值区(优势接近度>0.5)、碳排放经济效率中值区(优势接近度在0.3~0.5之间)、碳排放经济效率低值区(优势接近度<0.3)。

表4 湖南省各地市能源消费碳排放经济效率分类

类型	接近度	主要城市及优势接近度
碳排放经济效率高值区	>0.5	长沙(0.965)、湘西州(0.796)、张家界(0.704)、永州(0.538)
碳排放经济效率中值区	0.3 < C < 0.5	怀化(0.421)、邵阳(0.420)
碳排放经济效率低值区	<0.3	常德(0.280)、株洲(0.242)、益阳(0.141)、衡阳(0.136)、郴州(0.103)、湘潭(0.071)、岳阳(0.066)、娄底(0.000)

处于能源消费碳排放经济效率高值区的有长沙、湘西州、张家界和永州四个城市,优势接近度均超过0.5,但这一区域得分也有比较大的差距,例如:长沙的优势接近度(0.965)超过永州的优势接近度(0.538)0.427。其中,长沙市为湖南省省会城市,且是国家资源节约型与环境友好型社会综合配套改革试验区的核心城市,也是国家长株潭城市群的核心城市,经济实力雄厚,产业结构调整较好。对比之下,处于同一等级的湘西州、张家界处于大湘西地区,永州属于大湘南承接国家产业转移示范区,且湘西州、张家界还属于国家扶贫攻坚示范区,

这三个城市区域经济不发达,而这三个城市以第一产业和第三产业为主,第二产业不发达的现状,导致其城市能源消费碳排放较其它城市来讲比较小,城市能源消费排放效率较高。从这个意义上讲,优化产业结构,提高能源利用效率均是提高能源消费碳排放效率的重要途径。

处于能源消费碳排放经济效率中值区的怀化和邵阳也属于大湘西区域,这两个区域经济不发达,大体居于湖南省中游位置,区域产业也多以第一产业和第三产业为主,能源消费碳排放相对较少。处于能源消费碳排放经济效率低值区的城市较多,包括常德、株洲、益阳、衡阳、郴州、湘潭、岳阳和娄底8个城市。这8座城市均有一个共同的特征,多数属于传统工业型城市,区域工业产业所占比重较高,特别是传统高耗能产业在区域产业中占据着主要位置。这些城市优势接近度较小,一定程度上说明产业结构的优化升级仍未凸显作用,当前这些城市的经济发展在很大程度上仍依赖于高碳产业的发展,产业结构仍亟需优化调整。

参考文献:

- [1] Ramanathan R. A multi-factor efficiency perspective to the relationships among world GDP, Energy consumption and carbon dioxide emissions [J]. Technological Forecasting & Social Change, 2006, 73(3): 483-494.
- [2] Herrala R, Rajeev K G. Global CO₂ efficiency: Countries estimates using a stochastic cost frontier [J]. Energy Policy, 2012, 45(2): 762-770.
- [3] 岳瑞峰,朱永杰. 1990-2007年中国能源碳排放的省域聚类分析[J]. 技术经济, 2010, 29(3).
- [4] 陈黎明,黄伟. 基于随机前沿的我国省域碳排放效率研究[J]. 统计与决策, 2013(9).
- [5] 李涛,傅强. 中国省际碳排放效率研究[J]. 统计研究, 2011, 28(7).
- [6] 王煜,徐泽水. OWA算子赋权新方法[J]. 数学认识与实践, 2008, 12(3).
- [7] 周健. 省际碳排放经济效率的TOPSIS评价分析[J]. 统计与决策, 2011, 21(10).
- [8] 徐胜,杨娟. 碳排放经济效率的TOPSIS评价分析—基于山东省17地市的面板数据[J]. 经济与管理评论, 2013(1).
- [9] 赵先超,朱翔,周跃云. 湖南省不同土地利用的碳排放效应及时空格局分析[J]. 环境科学学报, 2013, 33(3).

责任编辑:徐蓓