

# 基于一致性组合评价的江苏生态城市发展水平的比较分析

刘若宇

(中国矿业大学管理学院,江苏 徐州 221116)

**摘要:**基于 PSR 模型,构建了一个包括 3 个子系统,15 个具体指标的生态城市评价指标体系。首先,利用三种单一评价方法对江苏生态城市发展水平进行排序,其次,将通过 kendall 一致性检验的单一评价方法进行组合,然后,将组合之后的方法和原始单一评价方法进行事后 spearman 等级系数检验,最后,按照显著性水平确定平均值法的结果作为最终评价结果。最终排名结果为:南京,无锡,常州,苏州,南通,徐州,连云港,淮安,扬州,盐城,镇江,宿迁,泰州。

**关键词:**生态城市;组合评价;一致性

中图分类号:F290

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2016)02-0050-05

## A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT LEVEL OF JIANGSU ECOLOGICAL CITY BASED ON THE CONSISTENT COMBINED EVALUATION

LIU Ruo-yu

(School of Management, CUMT, Xuzhou 221116, China)

**Abstract:** On the basis of PSR model, a index system, which contains 3 subsystems and 15 specific indicators, is established to evaluate the development level of Jiangsu Ecological city. Firstly, 3 single methods are used to make the order of the 13 cities according to the scores. Secondly, the methods with Kendall consistency are combined and tested through Spearman rank coefficient. Thirdly, the final results are made based on the significance level. The results are: Nanjing, Wuxi, Changzhou, Suzhou, Nantong, Xuzhou, Huaian, Yangzhou, Yancheng, Zhenjiang, Suqian, Taizhou, Lianyungang.

**Key words:** Ecological city; Combined evaluation; Consistency

从 1978 年到 2014 年,江苏省的城镇化率由 13.7% 跃升至 65.2%, 远高于全国 54.77% 的平均水平。据专家估算,到 2020 年我国的城镇化率将达到 58%~60%, 而江苏省的城镇化率将达到 75%。

为了系统剖析江苏省生态城市发展过程中的

重点问题,动态评价江苏省城市生态文明建设质量,科学测度江苏省生态城市建设水平,指导江苏省生态城市未来发展方向和目标,需要建立一个符合江苏省实际的生态城市评价指标体系,选择合适的方法进行综合评价。鉴于此,基于压力-状态-响应模型,本文构建了一个包含 3 个子系统,15 个具体指标的生态城市发展水平评价体系,利用组合评价方法克服单一评价方法自身难以规避的缺点,力图能够更加综合、客观、科学、有效地测度江苏生态城市的发展水平。

收稿日期:2015-05-24

作者简介:刘若宇(1991-),男,江苏徐州人,中国矿业大学管理学院硕士研究生,研究方向为能源经济与环境政策。

## 1 文献综述

在生态城市评价体系研究方面,国内生态城市评价体系大致可以分为四类:第一类是从经济、社会和环境三个维度构建的生态指标体系,这一类指标体系是国内生态城市评价的主流,代表学者有齐芳燕(2010),陈菁等(2010),张建军等(2011),王伟(2011),吴颖婕(2012),米凯等(2014);第二类是在经济、社会和环境三个维度的基础上,考虑到了人类生产、经济活动的影响,代表学者有王彦鑫等(2011),李海龙等(2011),关海玲等(2012),秦伟山等(2013),齐心(2013);第三类是从生态城市的结构、功能和协调角度构建指标体系,代表学者有陈曦等(2010),李荷香等(2011),李富等(2012),第四类是尝试考虑更多维度,包括人口、资源、城市化等方面,代表学者有赵国杰等(2011),钱耀军(2014)。

在生态城市评价方法方面,现有的评价方法主要有三类;第一类是运用层次分析法等主观性较强的方法得到生态城市综合评分,如陈曦等(2010),齐芳燕(2010),王彦鑫等(2011),于佳生(2013)。第二类是运用因子分析法、熵权法等客观赋权方法,如陈菁等(2010),张建军等(2011),关海玲等(2012)。第三类是设定阈值(目标临界值),以是否达到阈值为考核标准,如黄娟(2011),李海龙等(2011),秦伟山等(2013),王从彦等(2014)。

综观国内研究,众多学者根据自己的出发点,构建了各有侧重的评价指标体系,评价的方法也多种多样。但以上的评价指标和评价方法均存在一定的问题,在评价指标方面存在的问题有二:一是指标构建缺乏逻辑关系,没有体现人类和自然界之间的相互影响的关系;二是指标中存在主观数据,在具体指标量化方面存在困难。在评价方法方面,阈值的方法评价过于绝对,而且阈值的确定存在一定的困难,评价指标的评价弹性较小。而层次分析法等赋权方法主观因素过多,不能很好地符合客观实际。主成分分析法和因子分析法虽然包含了原始变量的大部分信息,但是存在信息丢失的问题。熵值法得到的结果很难进行横向比较,而且熵权的大小对样本容量变化比较敏感。因此,为了科学测度生态城市的发展水平,所构建的指标体系需要体现人类和自然之间的互动关联,与此同时,各种评价方法都存在自身难以克服的缺

点,如果仅仅用一种方法来进行综合评价,其结果的准确性和客观性值得商榷。鉴于此,本文在构建评价指标体系时,选择国外比较成熟的压力-状态-响应模型;在具体评价操作中,为了得到更为客观、有效的结果,选择组合评价方法进行综合评价。

目前,国内已有学者将组合评价方法运用到经济问题的评价实践中,如李美娟等(2009),郭亚军(2011),于明洁等(2011),张伟等(2014),但组合评价方法在实践应用中也存在以下问题:一是没有进行逻辑严密的事前或者事后检验,组合评价方法在相关性不强的情况下强行进行组合是没有经济意义的;二是在单一评价方法中选用层次分析法等主观方法,主观评价方法的主观随意性较强,当评价过多时,专家的经验可信度会降低,组合得到的综合评价方法也不能有效避免;三是没有对指标进行标准化处理,不同的指标具有不同的量纲、不同的指标作用力方向,为了明确指标的经济含义,需要选择适当的标准化处理方法来消除指标的量纲和指标的方向。

基于以上考虑,本文在评价之前将数据进行了标准化处理,选取的单一评价方法是客观赋权法,包含基于方差贡献率的因子分析法,基于信息论的熵权法和基于理想解思路的Topsis法。此外,为了规避单一评价方法各自的缺陷,本文采用组合评价方法,并经过严密的事前、事后检验这一逻辑过程,最终得到可以综合测度生态城市发展水平的评价结果。

## 2 生态城市指标体系构建

### 2.1 指标体系构建原则

#### 2.1.1 系统层次性原则

系统性要求指标体系包含生态城市的总体目标和具体实施路径,反映城市在生产、资源、社会、政策、环境、设施等各个方面的状况,有机联系评价指标和评价目标,突出重点的同时适当忽略影响较小的指标。层次性要求指标体系包含生态城市的总体发展目标、影响生态城市发展子系统和子系统下的具体基础性指标三个层次,在注意同级指标之间互斥性的同时兼顾上一级指标实现的全面性。

#### 2.1.2 科学可比性原则

科学性要求指标体系的设计严格符合生态城

市的内涵,可以合理、全面地描述生态城市发展的质量。可比性要求指标体系具有较强的兼容性,可以进行一定的推广和应用,方便不同城市之间生态发展水平的对比。

### 2.1.3 针对可操作原则

针对性要求指标体系的具体指标要具有一定的代表性,力图符合生态城市建设的具体情况。可操作性要求指标体系尽可能选用现有的、便于收集的指标,难以量化和数据不易获得的指标暂不列入指标体系。

## 2.2 评价指标体系构建

本文以压力-状态-响应模型(Pressure-State-Response, PSR 模型)为具体指标分类标准,该模型最早是由加拿大统计学家 David J. Rapport 和 Tony Friend (1979) 提出,后来经过经济合作组织(OECD)和联合国环境规划署(UNEP)的发展,已经作为一种成熟的框架体系广泛应用于环境问题的研究和评价中。该模型体现了人类和环境相互作用的逻辑关系,即人类从自然界获取资源的过程中,改变了自然界的环境质量和资源储量,自然界又反作用于人类社会的经济发展和社会活动,人类通过意识和行为的变化对此做出反应,如此循环,构成了人类和自然之间的压力-状态-响应的关系。基于此,评价指标体系包括三个层次,目标层为主要的的评价对象-生态城市发展水平评价,准则层为压力、状态和响应三个子系统,准则层为分类的具体评价指标。

表1 生态城市评价指标体系

目标层	准则层	指标层	单位	指标方向
生态城市发展水平	压力指标	单位 GDP 能耗	吨标准煤/万元	负向
		废水排放量	万吨	负向
		一般工业固体废物产量	万吨	负向
		烟粉尘排放量	吨	负向
		工业产业比重	%	负向
		API<100 的天数	天	正向
生态城市发展水平	状态指标	人均绿地面积	平方米/人	正向
		人均预期寿命	年	正向
		恩格尔系数	%	正向
		建成区绿化覆盖率	%	正向
		环保投资占 GDP 比重	%	正向
		R&D 投入占 GDP 比重	%	正向
生态城市发展水平	响应指标	人均公交车数量	辆/人	正向
		燃气普及率	%	正向
		生态规划完善程度*	%	正向

\* 生态经济规划包含具体污染排放目标、评价指标体系、生态经济规划实施路线和方案,具体的方法是,假设 A 市存在上述四个部分中的 N 个部分(N<=4),计 N/4,然后将得分换算成相对数形式。

## 3 生态城市综合评价与实证分析

### 3.1 评价方法的选择

主观赋权法主要依靠专家的个人判断、经验等因素对不同指标进行打分,确定权重,不可避免地掺杂了人为的因素,忽略了数据之间的客观关系,故评价得到的结果具有一定的主观随意性。而客观评价方法主要依靠的是原始数据之间的信息关联性,评价的标准清晰、统一,得到的评价结果更加令人信服,基于此,本文选择的单一评价方法是客观赋权法中比较具有代表性的因子分析法,熵权法和 Topsis 法。此外,鉴于单一评价方法的不足,本文选取组合评价方法进行综合评价。组合评价的事前检验主要采用 Kendall 一致性检验,组合评价事后检验主要采用 Spearman 等级相关系数法。评价方法的组合主要采用 Borda 法和 Copeland 法。

#### 3.1.1 组合评价指标事前检验--Kendall 协同检验

组合评价法的事前检验的目的是检验用于综合评价的各种方法的单一排序结果是否具有一致性,本文采用 Kendall 协同检验系数对组合评价进行事前检验,当评价对象数目小于 7 个(含 7 个),系数计算公式是:

$$W = \sum_{i=1}^n R_i^2 - \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n R_i \right)^2 \quad (1)$$

当评价数目大于 7 个,系数计算公式是:

$$W = \frac{12 \sum_{i=1}^n R_i^2 - 3m^2 n(n+1)^2}{m^2 n(n^2 - 1)} \quad (2)$$

其中, m 是评价方法的数目, n 是评价对象的数目, Ri 表示的是在所有评价方法下第 i 个评价单位的秩(序数)之和。当评价对象数目小于 7 个(含 7 个)的时候,按照给定的显著性水平,通过查“kendall 协同检验系数”来进行假设检验。当评价对象数目大于 7 个的时候,构建统计量  $X^2 = m(n-1)W$ ,在样本足够大的时候近似服从  $X^2_{\alpha}(N-1)$  的分布,按照给定的显著性水平进行假设检验,判断评价方法之间是否具有一致性。

#### 3.1.2 组合评价方法

组合评价方法的目的是将集中具有代表性的评价方法按照一定方式进行组合,得到组合评价价值和组合评价结果,本文选取的组合评价方法主要有均值法、Borda法和Copeland法。

均值法的思路是将  $m$  种相同的单一评价方法下的排序转换成相应的分数,计算不同方法下的分数均值,最后按照均值进行重新排序。如果出现均值相等的情况,按照不同方法下的低分标准差小者为优。

Borda法的思路是按照少数服从多数的原则,若评价对象  $A_i$  由于评价对象  $A_k$  的个数大于评价对象  $A_k$  优于评价对象  $A_i$  的个数,记为事件  $A_i SA_k$ ,定义 Borda 矩阵  $B=[b_{ik}]$

$$b_{ik} = \begin{cases} 1 & A_i SA_k \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad (3)$$

评价对象  $A_i$  的综合得分是  $b_i = \sum_{k=1}^n b_{ik}, i=1,2, \dots, n$ 。若存在评价对象得分相同的情况,取其标准差小者为优。

Copeland法是Borda法的延伸,比较而言,Copeland法进一步区分了优劣状况,除了对“优”赋值以外,还增加了“相等”和“劣”的赋值。定义 Copeland 矩阵  $C=[c_{ik}]$ :

$$c_{ik} = \begin{cases} 1 & A_i SA_k \\ 0 & \text{其他} \\ -1 & A_k SA_i \end{cases} \quad (4)$$

评价对  $A_i$  的综合得分是根据  $C_i$  的大小进行综合排序,若存在评价对象得分相同的情况,取方差小者为优。

### 3.1.3 组合评价指标事后检验--Spearman 等级相关系数法

组合评价方法事后检验的目的是检验组合后的评价方法与原始单一方法所得排序之间的相关程度。基于此,可以通过相关程度对评价方法进行筛选。本文采取 Spearman 等级系数相关法进行组合评价事后检验。当评价对象数目小于 10(含 10 个),构建统计量  $\rho_k$ :

$$\rho_k = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \rho_{jk} \quad (5)$$

当评价对象数目大于 10 个的时候,构建统计量  $t_k$ :

$$t_k = \rho_k \sqrt{\frac{n-2}{1-\rho_k^2}} \quad (6)$$

其中,  $\rho_{jk}$  表示第  $k$  种组合评价方法与第  $j$  种评价方法之间的 Spearman 等级系数,数值越大表明相关性越高,  $\rho_k$  表示第  $k$  种组合方法和原  $m$  种评价方法之间的平均相关程度。  $t(n-2)$  服从  $t$  分布,根据给定的显著性水平进行假设检验。

### 3.2 原始数据来源及处理过程

本文所采取的数据来源于《2014 年江苏统计年鉴》和江苏各地市 2014 年的统计年鉴,在分析数据时,为了消除原始数据中量纲大小、自身变异大小以及指标的方向性问题,需要对原始数据进行标准化处理,处理后的指标使得最终生态发展总体发展水平指数具有了经济意义,能够直接进行横向的对比分析。

正向指标标准化的公式为:

$$X_{ij}^* = \frac{X_{ij} - \min X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}} \quad (7)$$

对于负向指标的标准化公式为:

$$X_{ij}^* = \frac{\max X_{ij} - X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}} \quad (8)$$

其中,  $X_{ij}$  为第  $j$  个评价对象的第  $i$  个指标数值,  $\max X_{ij}$  为  $X_{ij}$  的极大值,  $\min X_{ij}$  为  $X_{ij}$  的极小值。  $X_{ij}^*$  有以下特征:一是对于每个  $i, j$ , 都有  $0 \leq X_{ij}^* \leq 1$ ;二是当  $x$  为正向指标时,如果  $X_{ij} = \min X_{ij}$ , 则  $X_{ij}^* = 0$ , 如果  $X_{ij} = \max X_{ij}$ , 则  $X_{ij}^* = 1$ ; 当  $x$  为负向指标时,如果  $X_{ij} = \max X_{ij}$  则  $X_{ij}^* = 0$ , 如果  $X_{ij} = \min X_{ij}$ , 则  $X_{ij}^* = 1$ 。

### 3.3 实证过程

组合评价方法的基本思路是:首先选用单一评价方法分别进行评价;然后采用事前检验方法对单一评价结果进行相容性检验,对单一评价方法进行筛选,剔除不相容的方法模型;基于评价排序组合模型,整合单一模型;再对各评价模型排序结果与所有单一评价模型排序结果进行事后一致性检验,选择最佳的组合模型。

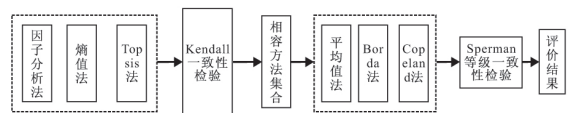


图 1 组合评价方法基本思路

第一步,运用三种单一评价方法对 2013 年江苏 13 地市的生态城市发展水平进行评价,评价结果及排序如表 2 所示:

表 2 单一评价方法排序

	因子分析法		熵值法		Topsis 法	
	排序	得分	排序	得分	排序	得分
南京	7	0.9289	4	0.5691	1	0.5641
无锡	2	0.5698	6	0.5611	2	0.5530
徐州	10	0.2013	13	0.4085	13	0.3327
常州	3	0.1977	2	0.5975	5	0.4631
苏州	1	0.1911	5	0.5633	3	0.4989
南通	4	-0.0210	10	0.5441	6	0.4521
连云港	12	-0.1553	7	0.5544	4	0.4657
淮安	11	-0.1561	9	0.5457	9	0.4213
盐城	13	-0.2047	11	0.5052	11	0.3755
扬州	6	-0.2530	8	0.5533	10	0.4206
镇江	5	-0.3824	3	0.5956	7	0.4438
泰州	8	-0.3998	12	0.4381	12	0.3420
宿迁	9	-0.5166	1	0.6654	8	0.4256

第二步,对三种单一评价结果进行事前检验,选用的方法是 kendall 一致性检验。计算得到的 W 为 0.691,构建的卡方统计量的值是 24.879,大于显著性水平为 0.05 的  $\chi^2_{0.05}(12)$  对应的卡方值 21.026,检验结果表明三种方法具有较为显著的相容性。

第三步,对具有一致性的三种单一评价方法进行组合,组合的结果如下:

表 3 组合评价排序表

	平均值法		Borda 法		Copeland 法	
	排序	得分	排序	得分	排序	得分
南京	1	0.6874	4	9	4	7
无锡	2	0.5613	2	11	2	9
徐州	6	0.4194	13	0	13	-13
常州	3	0.4184	3	10	3	7
苏州	4	0.3251	1	11	1	10
南通	5	0.3142	6	7	6	2
连云港	7	0.2883	7	6	7	0
淮安	8	0.2703	10	3	10	-5
盐城	10	0.2403	11	2	11	-8
扬州	9	0.2253	9	4	9	-4
镇江	11	0.2190	5	8	5	3
泰州	13	0.1915	12	1	12	-10
宿迁	12	0.1268	8	6	8	0

第四步,采用 Spearman 等级系数进行事后一致性检验。上述三种评价模型得到的 t 统计量分别是 2.89613、2.88305、2.88305,均大于显著性水平为 0.05 时的  $t_{0.05}(11)$  对应的 t 值 2.201,检验结果表明三种组合评价模型均通过一致性检验。

第五步,根据 Spearman 等级系数的显著性水平大小,确定平均值法作为最终的评价结果。

#### 4 结论和政策启示

基于压力-状态-响应模型,本文构建一个包括 3 个子系统,15 个具体指标的生态城市评价指标体系。首先,利用三种客观单一评价方法对江苏 13 地市的生态城市发展水平进行排序,其次,将通过 kendall 一致性检验的单一评价方法进行组合,然后,将组合之后的方法和原始单一评价方法进行事后 spearman 等级系数检验,最后,按照显著性水平确定最终的评价结果。结果表明:

一是单一评价方法存在着自身难以克服的缺点,因此,政府在测度生态城市发展水平的时候,仅仅考虑一种评价方法所得到的结果有失偏颇。为了提高政策的科学性和可行性,需要利用组合评价方法,得到更为客观、有效的综合排名结果。

二是基于不同的理论基础,单一评价方法在评价经济问题时各有侧重,得到的排序结果不尽相同,有的甚至差别较大。利用统计学的检验发现,针对同一评价对象,各单一评价方法所得到的结果不是相互独立的,存在高度的一致性。

三是由组合方法得到的排序结果来看,大多数的城市排名基本一致,只有南通和扬州存在一定的波动,但三种组合评价方法的排序结果标准差仅为 0.4714,波动范围很小。三种组合评价结果一致性较高。

四是平均值法和原始单一评价方法之间的一致性较高,可以作为最终的综合排序结果,江苏 13 地市的生态城市发展水平顺序依次为:南京,无锡,常州,苏州,南通,徐州,连云港,淮安,扬州,盐城,镇江,宿迁,泰州。

#### 参考文献

[1]Skaa A P,Zawadzki K,et al. Evaluation of the Bioindicator Suitability of Polygonum Avicul Are in Urban Areas [J]. Ecological Indicators,2013,24: 552 - 556.  
 [2]Pincetl S. Nature,Urban Development and Sustainability - What New Elements Are Needed for a More Comprehensive Understanding?[J]Cities,2012,29: S32 - S37.  
 [3]Kellett R,Christen A,et al. A Systems Approach to Carbon Cycling and Emissions Modeling at an Urban Neighborhood Scale [J]. Landscape and Urban Planning,2013, 110: 48 - 58.

(下转第 64 页)

煤矿原煤和矸石表面 1 m 处的  $\gamma$  剂量率未超出“当地本底水平+50 nGy/h”，但核素分析  $^{226}\text{Ra}$  含量大于 0.1 Bq/g。因此，本次调查的所有样品，均不纳入伴生放射性污染源。

### 2.2.3 燃煤电厂用煤与粉煤灰、炉渣的放射性富集

根据监测结果，呼包鄂三个电厂用煤、粉煤灰和炉渣放射性核素不同程度的富集，最大富集量为煤炭中  $^{238}\text{U}$  含量 7.2 Bq/kg，燃烧后炉渣中  $^{238}\text{U}$  含量 79.2 Bq/kg；炉渣和粉煤灰中放射性核素含量均比相应煤炭中放射性核素含量高，煤炭中放射性核素含量在燃烧后发生富集。

### 2.2.4 粉煤灰外照射和内照射估算

电厂用煤燃烧过程中，其中灰份的 80 % 变为粉煤灰，20 % 变为炉渣，经电厂除尘后，大约 1 % 的粉煤灰排放到空气中。粉煤灰在开发利用过程中，其产生的辐射会对环境造成辐射污染，通过外

于标准外，其余均低于国家标准。

## 3 结论

综上所述，本次对内蒙古部分煤矿、煤炭市场和燃煤电厂中的煤炭、煤矸石、炉渣和粉煤灰进行现场  $\gamma$  剂量率监测和放射性核素分析，测量结果表明，鄂尔多斯铀矿区周围采集的样品中放射性核素含量与文献中数据相比在其范围内，并与 1983~1990 年全国环境天然放射性水平内蒙古自治区环境调查值也处于同一水平；根据全国第一次污染源普查伴生放射性污染源判断标准，本次调查的所有样品，均不纳入伴生放射性污染源；燃煤电厂中炉渣和粉煤灰中放射性核素含量均比相应煤炭中放射性核素含量高，煤炭中放射性核素含量在燃烧后发生富集；估算三个电厂粉煤灰内外照射值，除了呼和浩特某电厂粉煤灰外照射略高于标准外，其余均低于国家标准。

表3 粉煤灰内外照射值

项目	外照射 $I_\gamma$	内照射 $I_{in}$	标准
鄂尔多斯某电厂粉煤灰	0.6	0.4	$I_\gamma \leq 1.0$ $I_{in} \leq 1.3$
包头某电厂粉煤灰	0.6	0.4	
呼和浩特某电厂粉煤灰	1.2	0.9	

照射估算评价，排入空气中的粉煤灰通过内照射估算评价。根据《建筑材料放射性核素限量》(GB6566-2001)估算三个电厂粉煤灰内外照射值见表 3，除了呼和浩特某电厂粉煤灰外照射略高

## 参考文献

[1]1983~1990 年内蒙古自治区环境天然放射性水平调查值(内蒙古自治区)。  
 [2]刘福东,潘自强,刘森林,等.全国煤矿中煤、矸石天然放射性核素含量调查分析[J].辐射防护,2007,27(3):171。  
 [3]杨洪敏,张洪杰,隋文力.内蒙古西部区原煤及粉煤灰放射性水平的研究.全国辐射环境管理学术研讨会论文集,1994,天津:188-190。  
 [4]第一次全国污染源普查培训教程。

(上接第 54 页)

[4]李海龙,于立.中国生态城市评价指标体系构建研究[J].城市发展研究,2011,18(7):81-86  
 [5]王彦鑫,梁吉业.生态城市评价模型:构建及应用[J].经济问题,2011,10:126-129.  
 [6]吴颖婕.中国生态城市评价指标体系研究[J].生态经济(学术版),2012,(12):52-56.  
 [7]张伟,张宏业,王丽娟,张义丰.生态城市建设评价指标体系构建的新方法--组合式动态评价法 [J].生态学报,2014,34 (16):4766-4774.  
 [8]王锋,刘传哲,吴从新,许士春.城市低碳发展指数的构建与应用--以江苏 13 城市为例[J].现代经济探讨,2014,(1):79-83.  
 [9]王锋,刘传哲,吴从新,张炎治.区域低碳发展指数建模--基于中国 30 省份的实证分析[J].统计与信息论坛,2014,(4):30-36.

[10]曾守楨,陈佳琴,王赢政.基于组合评价的浙江省城市可持续发展能力实证分析[J].统计科学与实践,2012,(2):28-30.  
 [11]夏春海.生态城市指标体系对比研究 [J].城市发展研究,2011,18(1):36-42.  
 [12]关海玲,孙玉军.我国省域低碳生态城市发展水平综合评价--基于因子分析[J].技术经济,2012,31(7):91-98.  
 [13]栾志理,朴锺澈.从日、韩低碳型生态城市探讨相关生态城规划实践[J].城市规划学刊,2013,(2):46-56.  
 [14]李迅,刘琰.中国低碳生态城市发展的现状、问题与对策[J].城市规划学刊,2011,(4):23-29.  
 [15]李迅,曹广忠,徐文珍,杨春志,宋峰,赵培红.中国低碳生态城市发展战略[J].城市发展研究,2010,17(1):32-39.