

# 低碳城市指标体系中的评价方法

朱贻文

(华东师范大学中国现代城市研究中心, 上海 200062)

**摘要:** 国内地理学计量模拟方兴未艾。本文试图科学地运用定量方法, 同时避免忽视定性过程。为低碳城市指标体系, 寻求定性与定量相结合的评价方式。确定了以层次分析法为基础, 熵值法为修正的综合评价方法。并通过代表城市数据的试算, 验证了其可行性与可靠性。

**关键词:** 低碳; 指标体系; 定量方法; 定性方法

**中图分类号:** X821   **文献标识码:** A

## 1 引言

德国学者谢弗尔于 1953 年发表的《地理学中的例外主义—方法论的检讨》, 掀起了 20 世纪地理学界的计量革命。而在 1976 年的第 23 届国际地理学大会上, “地理学计量方法委员会(CQMG)”的解散则标志着这次运动的终结。到了 20 世纪 90 年代初, 以克鲁格曼和波特为代表的一批经济学家又重新拾起和发展了计量方法, 并创立了“新经济地理学”, 地理学计量模拟进入了新的发展阶段<sup>[1][2]</sup>。

计量革命对西方地理学界的研究方法、数据处理及强调理论等方面都做出了重大的贡献<sup>[2]</sup>。通过这次运动, 使得西方地理学家对地理模型的应用已经相当熟练<sup>[3]</sup>。而我国计量地理学的起步较晚, 总体水平不高, 迫切需要我们利用后发优势, 吸取国外计量地理学发展过程中积累的经验教训, 通过从定性到定量分析的综合集成、理论与实践的结合, 发展具有中国特色的计量地理学, 推动地理学的发展<sup>[4]</sup>。

低碳城市指标体系方法是一种多因素综合评价过程。与单项评价不同, 需要将较多方面的指标集综合起来统筹考虑, 需要选用科学合理的定量方法。而不少国内指标体系研究成果却存在定量方法理论依据不足、随意性大、计算结果可信用度不高等问题<sup>[1]</sup>。因此, 创建科学合理的指标体系不仅对于提高我国经济地理学的科学水平, 而且对于提升我国经济地理学成果的应用价值均具有重要作用。本文拟在此方面进行一些尝试, 意在抛砖引玉。

## 2 低碳指标体系

低碳城市建设指标体系研究起步较晚, 上世纪 90 年代仅仅提出了构建指标体系的理念框架, 进入 21 世纪后, 完整的指标体系及其相应的计算方法才开始见诸文献报道<sup>[10]</sup>。

---

**收稿日期:** 2011-09-01

**基金项目:** 国家社科基金重大项目(10ZD&016); 上海市科技攻关项目(09DZ1200800)

**作者简介:** 朱贻文(1988-), 男, 上海市人, 华东师范大学城市与区域经济学硕士研究生, zhuyiwen19@163.com。

考虑到指标体系中不确定因素较多、权值错综复杂的特点,邵超峰<sup>[5]</sup>在构建基于 DPSIR 模型的低碳城市指标体系时,认为应采用层次分析法、主成分分析法、模糊综合评价法。在构建城市低碳经济综合评价指标体系过程中,谢传胜采用了模糊聚类等方法<sup>[6]</sup>。他利用条件属性和决策属性形成的等价关系对研究对象进行分类,分析它们之间的数理关系,同时利用辨识矩阵将条件属性约简,从而达到简化决策规则的目的。而肖翠仙则利用层次分析法确定指标权重,进而借助线性加权计算最终结果<sup>[7]</sup>。付加锋则在此基础上前进了一步。他对数据进行无量纲化处理后,通过层次分析法和数据包络分析相结合,确定指标权重,再以线性加权方式计算最终结果<sup>[8]</sup>。而李友华、马军、任福兵等人则在对指标进行正向化和无量纲化处理的基础上,借助德尔菲法对指标进行赋权,再以线性加权方式计算得到最终结果<sup>[9][10][11]</sup>。

此外,也有部分学者在不同分析环节使用了不同的数据处理方法。郑少露在构建基于低碳循环经济的规划环评指标体系时,除了运用层次分析法之外,还使用了灰色关联分析法。即通过对某一指标在各阶段的关联度分析,摸清其发展变化趋势,进而确定该指标规划值<sup>[12]</sup>。李晓燕则先通过模糊聚类法确定准则层权重,再运用主成分分析方法计算最终评价指数<sup>[13]</sup>。另外,胡大立强调定性分析与定量分析结合的重要性<sup>[14]</sup>。他认为在处理定性指标时,应先将其分成若干个等级,尔后再进行定量计算。

### 3 评价方法

指标体系研究中常用的综合评价方法主要有两类。第一类是基于对原始数据进行分析 and 挖掘的方法,例如:数据包络分析法、主成分分析与因子分析法、熵值法等等。第二类是基于专家综合判断决策的方法,例如:模糊综合评价法、德尔菲法、层次分析法等等。两者各有优劣。前者的优势在于借助数学方法,通过数据挖掘,找出评价目标所包含的信息,数理逻辑清晰,科学性较强。但对数学方法、指标选取、数据的精准性依赖程度较高,定性分析不足。而后者的优势在于能够与区域发展目标、专家的主观定性判断结合较紧,对统计数据的依赖程度较低,但主观性太强,数理逻辑性较差,定量分析不足。因此,对于基于数据的评价方法,应该发挥其在挖掘数据方面的优势,克服定性分析的不足。对于基于专家判断的评价方法,则应发挥其专家定性分析的优势,克服其定量分析的不足。

数据包络分析法在分析“投入—产出”问题方面具有明显的优势,但对统计数据依赖程度高,难以处理数据资源紧张的区域评价案例。此外,由于各地情况千差万别,指标的目标值难以确定,数据包络分析法也难以用于不同区域的比较分析之中<sup>[15]</sup>。利用主成分分析和因子分析法,能较好地挖掘指标包含的信息,分析指标成因,适用于因素重要性排序和成因分析,较易开展多个区域(案例)的比较分析。但对数据量、分布状况、相关性等都有较高要求<sup>[16]</sup>。熵值法能较好地反映指标间的信息差异,对数据要求较低,运算过程较为简单,适用于主观评价为主,定性与定量分析相结合的区域分析评价。

模糊综合评价法能较好地以定量方法解决指标的模糊性及不确定性问题,但难以剔除对信息重复或矛盾问题,其权重确定等多个步骤也是依赖主观判断,科学性尚待提高<sup>[17]</sup>。德尔菲法能较好地克服专家“打分”主观性太强的弊端,但对多指标复杂系统的定量评价存在明显不足。层次分析法能够通过建立层次结构以及判断矩阵给出较为合理的权重,还能对其一致性进行检验,科学性较强,但专家的主观性对评价结果的影响仍然较大。

低碳城市评价指标体系具有指标多而新、系统复杂、数据基础薄弱等特点,定量与定性方法的结合是开展此项工作的必然选择。依笔者之管见,宜采用结合熵修正的层次分析法来进行指标体系的综合评价<sup>[18]</sup>。正如上文所述,熵值法和层次分析法在各自类型中与低碳城市指标体系的要求最为契合。因此,应以层次分析法为基础,结合熵值法对其进行修正,充分发挥二者的优势,实现科学性与实用性的结合。在此基础上,确定低碳城市指标体系的综合评价流程(图1)。

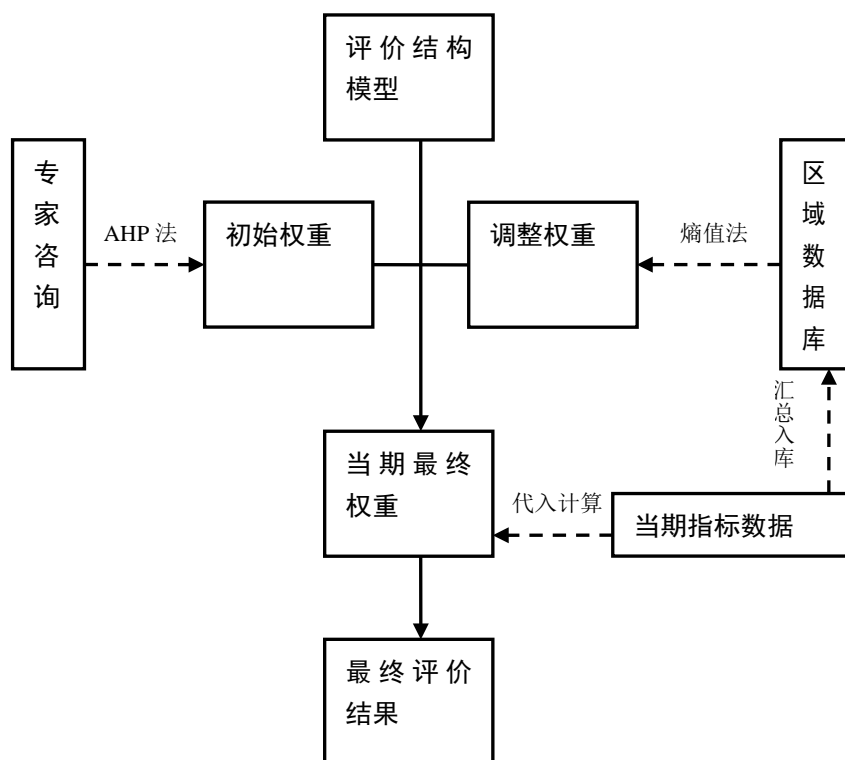


图1 指标体系综合评价流程图

其具体操作和计算步骤如下：

第一、建立模型结构。建立由评价目标、评价主题及具体指标组成的多层次关联逻辑结构。

第二、计算初始权重。

(1) 建立判断矩阵。由专家组对各指标的相对重要性进行评价。对于判断矩阵中的每一个比较 ( $x_i$  比  $x_j$ )，以 Saaty 提出的 1—9 方法进行标度。借鉴德尔菲法中的做法，对专家组意见进行多轮反馈和修改，直到达成较为一致的意见。最后，对结果进行综合，得到最终判断矩阵。

(2) 层次单排序及一致性检验。对于每一个判断矩阵  $A$ ，以式  $AW = \lambda_{\max} W$ ，计算其最大特征值  $\lambda_{\max}$  与正规化特征向量  $W$ ，由此得到权重向量。再根据检验系数  $CR$  是否满足

$CR = \frac{CI}{RI} \leq 0.10$  验证判断矩阵的一致性。其中  $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ ， $RI$  即平均随机一致性，可通过查表获得。

(3) 层次总排序及一致性检验。对于第  $p$  层的权重向量  $W^p$ ，可由第  $p-1$  层的权重向量  $W_i^{p-1}$  及其在  $p$  层的相应权重  $w_i^p$  而得，即  $W^p = w^p W^{p-1}$ 。之后，再次根据检验系数  $CR$  验证一致性。

第三、计算修正权重。先对样本数据进行标准化，并计算其熵值  $H(x)$ 。经过正向化得

到指标的偏差度  $d_i = 1 - H(x), i = 1, 2, \dots, n$ 。则熵值法下各指标的权重  $h_i$  的计算公式为

$$h_i = \frac{d_i}{\sum_{i=1}^n d_i}。$$

第四、权重结合。对层次分析法中得到的权重向量  $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$  以熵值法中得到的

的权重进行修正, 其计算公式为  $w'_i = \frac{h_i w_i}{\sum_{i=1}^n h_i w_i}$ , 从而得到最终权重向量  $W' = (w'_1, w'_2, \dots, w'_n)$ 。

第五、综合处理。首先需要将各个指标值折算为统一的百分制得分。为统一各指标的刻度, 以该指标目标值和阈值分别作为 60 分和 100 分的基准, 计算得到该尺度下唯一确定的指标得分。将评价对象各项指标的得分代入模型, 将各指标得分与其权重结合, 即得到最终综合评价结果。

该评价方法的核心内容, 是在固定初始权重的基础上, 以每一期评价中的指标数据, 对指标数据库产生影响, 从而不断对最终权重进行调整和修正。

#### 4 数据来源

为了响应联合国低碳行动计划, 我国的青岛、杭州、贵阳、南昌等城市均提出建设“低碳城市”的构想。本文拟以青岛市为实证案例, 对笔者构建的低碳城市指标体系进行具体应用。本文使用的青岛 2009 年本底值数据主要来自《青岛统计年鉴 2010》、中国经济网, 青岛新闻网等<sup>[21]</sup>。根据相关对青岛低碳城市建设中存在的能源消费结构不尽合理, 化石能源比重仍然过高<sup>[19] [20]</sup>等问题, 笔者构建了由低碳能源、低碳研发、低碳制造、低碳物流和低碳社区五个主题、17 个具体指标组成的指标体系, 并结合国内外相关成果, 设定了具体指标的阈值及目标值 (表 1)。

表 1 低碳城市评价指标体系

编号	主题	编号	具体指标	单位	2015 目标值	2020 阈值
A1	低碳能源	X1	单位 GDP 能耗	吨标准煤/万元	0.69	0.60
		X2	能源加工转换总效率	%	75	85
		X3	能源消费弹性系数	/	1.0	0.44
A2	低碳研发	X4	具有自主知识产权产业产值占高新技术产业总产值比重	%	50	60
		X5	研发投入所占比重	%	2.7	3.0
		X6	现代服务业产值比重	%	30	50
A3	低碳制造	X7	单位 GDP 碳排放量	tC/万元	0.91	0.35
		X8	全年中 API<100 的天数比重	%	92	100
		X9	工业固废综合利用率	%	95	100
A4	低碳物流	X10	物流业产值比重	%	20	30
		X11	公路货运空载率	%	50	20
		X12	新能源汽车比例	%	10	50
A5	低碳社区	X13	人口预期寿命	岁	78	82
		X14	居民公交出行比率	%	25	50
		X15	人均公共绿地面积	m <sup>2</sup>	20	30
		X16	公众对环境保护的满意率	%	90	100
		X17	隔热保温环保建材使用率	%	30	60

## 5 评价结果

根据本文选定的评价方法和分析步骤,得到了指标权重、具体指标的百分制得分、主题指标得分、综合指标得分(表 2、表 3、表 4、图 2)

表 2 指标权重汇总表

编号	主题权重	编号	指标权重	编号	主题权重	编号	指标权重
A1	0.3134	X1	0.1567	A4	0.0986	X10	0.0141
		X2	0.0784			X11	0.0282
		X3	0.0784			X12	0.0564
A2	0.0986	X4	0.0395	A5	0.3134	X13	0.0392
		X5	0.0395			X14	0.0784
		X6	0.0197			X15	0.0784
A3	0.1758	X7	0.1005			X16	0.0784
		X8	0.0502			X17	0.0392
		X9	0.0251				

表 3 指标得分汇总表

编号	指标得分	编号	指标得分
X1	20	X10	56
X2	86	X11	56
X3	71	X12	55
X4	52	X13	56
X5	96	X14	55
X6	86	X15	55
X7	63	X16	47
X8	56	X17	53
X9	84		

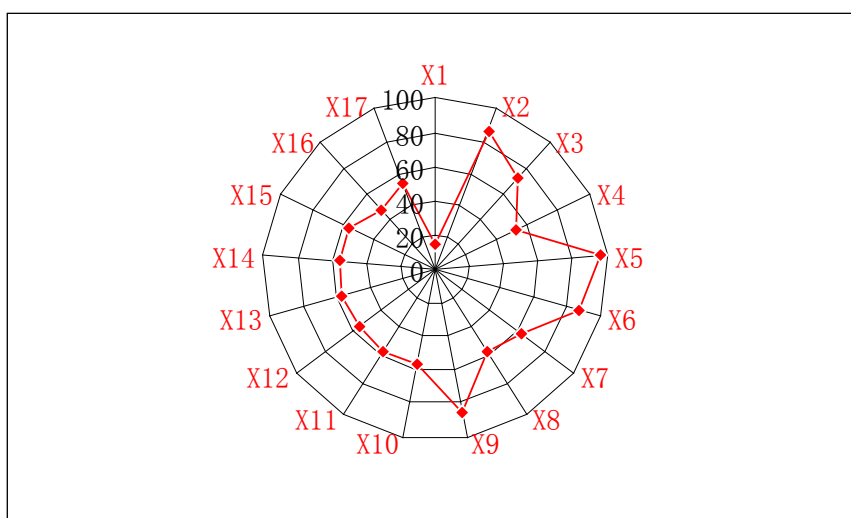


图 2 青岛低碳城市各指标得分雷达图

表 4 综合得分汇总

总得分	分主题	分主题得分
55.503	低碳能源	46.77505
	低碳研发	76.47262
	低碳制造	63.99943
	低碳物流	55.48479
	低碳社区	52.90874

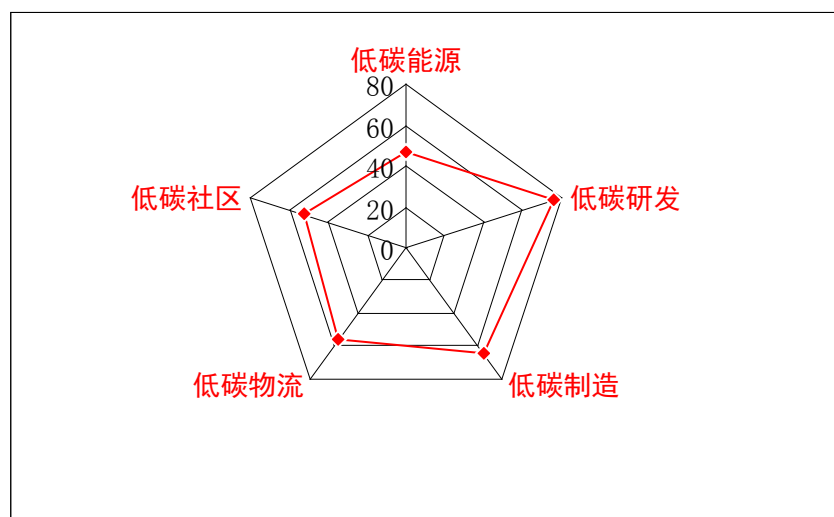


图 3 青岛低碳城市综合得分雷达图

青岛市低碳城市建设水平总体得分 55.5 分,离低碳城市建设目标尚有一段不短的距离。从分类主题指标来看,青岛市在低碳研发(76.5 分)方面得分较高,而在低碳能源(46.8 分)得分低,存在问题较多,低碳物流(55.5 分)和低碳社区(52.9 分)与国际先进水平也有一段距离。从具体指标来看,青岛在研发投入比重(96 分)表现优良,而在单位 GDP 能耗(20 分)、公众对环境保护的满意率(47 分)等领域表现较差,青岛应在调整能源结构、加强低碳教育和推广低碳生活方式等方面,采取更多、更为有效的措施<sup>[19][20]</sup>。

#### 参考文献

- [1] 刘卫东,陆大道. 经济地理学研究进展 [J]. 中国科学院院刊, 2004,19(1):35-39.
- [2] 马润潮. 人文主义与后现代化主义之兴起及西方新区域地理学之发展 [J]. 地理学报, 1999,54(4):365-372.
- [3] 顾朝林,王恩儒,石爱华. “新经济地理学”与经济地理学的分异与对立 [J]. 地理学报, 2002,57(4):497-504.
- [4] 钱学森. 谈地理科学的内容及研究方法 [J]. 地理学报, 1991,46(3):257-265.
- [5] 邵超峰,鞠美庭. 基于 DPSIR 模型的低碳城市指标体系研究 [J]. 生态经济, 2010(10):95-99.
- [6] 谢传胜,等. 城市低碳经济综合评价及发展路径分析 [J]. 技术经济, 2010,29(8):29-32.
- [7] 肖翠仙,唐善茂. 城市低碳经济评价指标体系研究 [J]. 生态经济, 2011(1):45-48,57.
- [8] 付加锋,等. 低碳经济的概念辨识及评价指标体系构建 [J]. 中国人口、资源与环境, 2010,20(8):38-43.
- [9] 李友华,等. 低碳经济发展评价指标体系初探 [J]. 哈尔滨商业大学学报(社会科学版), 2010(6):8-17.
- [10] 马军. 城市低碳经济评价指标体系构建 [J]. 科技进步与对策, 2010,27(22):165-167.
- [11] 任福兵,等. 低碳社会的评价指标体系构建 [J]. 江淮论坛, 2010(1):122-127.
- [12] 郑少露,等. 基于低碳循环经济的规划环评指标体系的探讨 [J]. 环境科学与技术, 2010,33(6):199-204.

- [ 13 ] 李晓燕,邓玲. 城市低碳经济综合评价探索 [ J ] . 现代经济探讨, 2010(2):82-85.
- [ 14 ] 胡大立,等. 低碳经济评价指标体系研究 [ J ] . 科技进步与对策, 2010,27(22):160-164.
- [ 15 ] 朱乔. 数据包络分析(DEA)方法综述与展望 [ J ] . 系统工程理论方法应用,1994,3(4):1-9.
- [ 16 ] 苏为华. 多指标综合评价理论与方法问题研究 [ D ] . 厦门:厦门大学, 2000:153-192.
- [ 17 ] 徐建华. 现代地理学中的数学方法 [ M ] . 北京:高等教育出版社, 2002:328-329.
- [ 18 ] 王增富. 评价系统中一种更理想的赋权方法 [ C ] . 第六届中国青年运筹与管理学者大会论文集, 秦皇岛, 2004:104-107.
- [ 19 ] 刘志亭. 基于能源优化的青岛市建设低碳城市路径与对策 [ J ] . 港口经济, 2010(9):53-56.
- [ 20 ] 雷仲敏. 城市碳足迹分析与低碳城市建设 [ J ] . 青岛科技大学学报(社会科学版), 2010,26(4):6-10.
- [ 21 ] 青岛统计年鉴: <http://www.qingdao.gov.cn/n172/n85546/index.html>; 中国经济网: [http://www.ce.cn/cysc/newmain/dh/gq/201012/09/t20101209\\_205\\_75124.shtml](http://www.ce.cn/cysc/newmain/dh/gq/201012/09/t20101209_205_75124.shtml); 青岛新闻网: [http://www.qingdaonews.com/content/2007-02/10/content\\_7725982.htm](http://www.qingdaonews.com/content/2007-02/10/content_7725982.htm); <http://epaper.qingdaonews.com/html/qdrb/20110219/qdrb212352.htm>; [http://house.qingdaonews.com/gb/content/2011-03/13/content\\_8697113.htm](http://house.qingdaonews.com/gb/content/2011-03/13/content_8697113.htm).

## Evaluating Method in Indicator System of Low-Carbon City

ZHU Yi-wen

(Center for Modern Chinese City Studies, East China Normal University, Shanghai 200062)

**Abstract:** The “Quantitative Revolution” improved the ability of quantitative models using in western academe. Chinese researchers should go through the revolution though it has problems itself. The paper attempt to structure an evaluating method contains not only quantitative process but also qualitative process. It bases on AHP, and be regulated by entropy method. The paper validated the feasibility and applicability of the evaluating method by using data of testing city.

**Key words:** low-carbon; indicator system; quantitative method; qualitative method