

基于主成分分析的经济绿色发展评价研究

杜永强¹, 王悦^{1,2}, 李晶洁¹, 卢志义¹

(1. 天津商业大学 理学院, 天津 300134; 2. 东北财经大学 统计学院, 辽宁 大连 116025)

摘要:我国经济快速增长引发了严重的生态环境问题,人们深刻意识到资源环境问题对我国经济发展的瓶颈作用。因此,我国必须发展绿色经济。以绿色经济的内涵为基础,结合国内外权威机构经典观点的高频指标并以相关文献中的指标为根据,建立了绿色经济评价指标体系。最后,采用主成分分析、聚类分析等方法对我国各省级行政区经济绿色发展进行实证研究。

关键词:绿色经济;主成分分析;聚类分析

中图分类号:N945.16;F208 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2018)10-0050-10

1 文献综述

改革开放以来,我国经济持续快速增长,但经济的发展也给我们带来了极大的资源消耗、环境污染及生态失衡,污染气体的排放问题愈发严重,我国能源供给与生态环境面临巨大压力。《十三五规划》提出经济增长要以“绿色发展”为理念,这也将是我国未来经济发展的常态化,今后,我国必将“绿色经济”作为发展模式。

经济绿色发展是指在资源与环境承载能力有限的条件下,实现低碳环保、资源高效以及社会包容的一种经济发展方式。国家“十三五”规划作为我国国民经济发展规划,已明确提出了一系列能源、气候与环境目标,为我国绿色经济发展提供了明确的指引和新的发展方向。经济发展不能再以牺牲资源和环境为代价、单纯注重GDP的提高,而应以绿色、低碳、环保的形式积极推进经济绿色发展。

1.1 现有绿色经济评价体系的构建情况

一是国内外权威机构建立的评价体系,代表性的有:国际节能环保协会建立的城市生态发展重点指标^[1];经济合作发展组织建立的基于PSR的低碳经济评价指标体系^[2];世界环境和发展委员会建立的城市绿色发展评价指标体系^[3];国家环境保护总局“十一五”期间建立的城市环境综合整治定量考核指标^[4];中国节能协会节能服务产业委员会建立的绿色节能指标体系^[5];北京市发改委建立的“绿色北京”指

标体系^[6]。

二是现有文献中建立的评价体系,代表性的有:迟国泰等从经济、社会、生活质量、人口素质等四个方面海选人的全面发展评价指标,根据可观测性初步筛选指标,再通过相关性分析与主成分分析相结合的方法定量筛选指标,构建人的全面发展评价指标体系^[7];曹慧等从绿色创新内涵出发,运用共线性一变异系数指标筛选模型,从创新投入、创新产出、绿色发展等3个方面构建区域绿色创新能力评价指标体系^[8];朱海玲对中国绿色经济内容进行分析后,构建了由循环经济、绿色金融、节能排放、工业绿色发展四个指标群所组成的绿色经济评价指标体系^[9];李战江等从绿色经济内涵及其影响因素出发,对指标客观数据进行R聚类 and 因子分析筛选指标,构建绿色经济发展评价指标体系^[10];邢艳春等根据联合国环境规划署提出的绿色经济指标框架并结合我国实际,建立了经济转型有效性、资源利用绿色度、进步和福祉实现度三个准则层,海选了35个指标,利用R型聚类分析与因子分析相结合的方法构建了绿色经济发展评价指标体系^[11]。

上述绿色经济评价体系的构建仅考虑了经济绿色发展的某一方面或某几方面,并未全面反映绿色经济的内涵;所给评价体系已有很强的权威性,但研究对象过于宏观,对本文研究的省级行政区并不一定

收稿日期:2018-08-17

基金项目:国家自然科学基金项目(71371138);天津市高等学校人文社会科学研究项目(161081;161082);天津商业大学应用数学重点学科项目。

作者简介:杜永强(1984—),男,天津人,天津商业大学,讲师,博士,研究方向:经济分析。

适用。

1.2 现有评价方法的研究进展

刘倩等根据人口自然发展及社会进步等因素构建了指标体系,并采用熵值法对河北省不同时期的绿色经济状况进行综合评价^[12];韩磊等首先构建了绿色经济评价指标体系,再运用熵值法确定各指标的权重并计算各年绿色经济水平得分,最后用因子分析确定影响湖南省绿色经济发展水平的关键因素^[13];朱金鹤等采用熵权 TOPSIS 法和空间计量法对 2006—2015 年新疆绿色经济发展水平进行综合评价^[14];明慧等运用主成分分析评价贵州省 2005—2014 年经济社会的发展状况^[15]。

上述评价方法虽都能评价我国绿色经济发展状况,但采用主成分分析法更合适^[15]。本文选取了 81 个能反映我国绿色经济发展情况的指标,与其他方法相比,采用主成分分析法能在充分体现我国绿

色经济发展状况的条件下,用少数几个综合指标代替原众多指标进行实证评价。此外,在绿色经济综合评价函数中,将各主成分的贡献率作为其权数,反映出各主成分所包含原始信息的信息量占全部信息量的比重,其权数的确定更客观、合理,克服了某些评价方法中人为确定权数的缺陷。因此本文利用主成分分析方法对省级行政区绿色经济发展状况进行实证研究。

2 评价指标体系的建立

本文从绿色经济发展内涵出发,参考国内外权威机构经典观点的高频指标,结合现有文献进行指标的海选,遴选出地区生产总值等 81 个涉及经济发展、民生社会、资源与环境三个一级准则层的海选指标体系,如表 1 所示。根据可观测性原则删除数据无法获得的指标,不可观测删除的指标如表 1 第 5、8 列所示。

表 1 海选评价指标体系

(1)一级准则层	(2)二级准则层	(3)指标	(4)指标性质	(5)筛选结果	(6)指标	(7)指标性质	(8)筛选结果
x ₁ 经济发展	x' ₁ 经济增长	x _{1,1} 地区生产总值	正向	保留	x _{1,13} 外贸总产值	正向	不可观测删除
		x _{1,2} 人均地区生产总值	正向	保留	x _{1,14} x _{1,13} 出口额	正向	保留
		x _{1,3} 年均地区生产总值增长率	正向	保留	x _{1,15} 消费品零售总额	正向	保留
		x _{1,4} 政府税收	正向	保留	x _{1,16} 实际利用外资	正向	保留
		x _{1,5} 第一产业增加值	正向	保留	x _{1,17} 规模以上工业总产值	正向	保留
		x _{1,6} 第二产业增加值	正向	保留	x _{1,18} 金融机构人民币和外币存款总额	正向	保留
		x _{1,7} 第三产业增加值	正向	保留	x _{1,19} 金融机构人民币和外币贷款余额	正向	保留
		x _{1,8} 工业增加值	正向	保留	x _{1,20} 货运量	正向	保留
		x _{1,9} 建筑业增加值	正向	保留	x _{1,21} 机场旅客吞吐量	正向	不可观测删除
		x _{1,10} 地方政府预算收入	正向	保留	x _{1,22} 货运周转量	正向	保留
		x _{1,11} 批发零售业销售额	正向	保留	x _{1,23} 金融业增加值	正向	保留
		x _{1,12} 固定资产投资总额	正向	保留	x _{1,24} 物流业增加值	正向	保留
	x'' ₁ 经济结构	x _{1,25} 第一产业增加值与地区生产总值之比	适中	保留	x _{1,30} 第三产业从业人员占全体职工比例	适中	保留
		x _{1,26} 居民消费价格指数(上年=100)	区间	保留	x _{1,31} 私营经济增加值与国内生产总值的比值	正向	不可观测删除
		x _{1,27} 工业增加值与地区生产总值的比值	适中	保留	x _{1,32} 县域经济总量与地区生产总值的比值	正向	不可观测删除
		x _{1,28} 第三产业增加值占地区生产总值的比值	适中	保留	x _{1,33} 金融业增加值与地区生产总值的比值	适中	保留
		x _{1,29} 城市化率	适中	保留	x _{1,34} 物流业增加值占地区生产总值的比重	适中	保留

续表 2

(1)一级准则层	(2)二级准则层	(3)指标	(4)指标性质	(5)筛选结果	(6)指标	(7)指标性质	(8)筛选结果
x_2 民生社会	x'_2 民生改善	$x_{2,1}$ 普查登记人口	适中	保留	$x_{2,9}$ 农村居民人均纯收入年均增长率	正向	保留
		$x_{2,2}$ 人口自然增长率	适中	保留	$x_{2,10}$ 基本养老保险城市贡献者人数	正向	不可观测 删除
		$x_{2,3}$ 城镇登记失业率	适中	保留	$x_{2,11}$ 城镇职工参加养老保险人数	正向	保留
		$x_{2,4}$ 城镇年度新增就业	正向	保留	$x_{2,12}$ 城镇居民基本医疗保险人数	正向	保留
		$x_{2,5}$ 城镇居民人均可支配收入	正向	保留	$x_{2,13}$ 城镇职工基本医疗保险人数	正向	保留
		$x_{2,6}$ 农村居民人均纯收入	正向	保留	$x_{2,14}$ 医生人数	正向	保留
		$x_{2,7}$ 城镇居民人均消费支出	正向	保留	$x_{2,15}$ 医院床位数	正向	保留
		$x_{2,8}$ 城镇居民人均可支配收入年均增长率	正向	保留			
	x''_2 社会事业	$x_{2,16}$ 政府教育支出与一般预算支出之比	正向	保留	$x_{2,21}$ 每 10000 人的公共交通工具数目	正向	保留
		$x_{2,17}$ 公共图书馆人均图书数量	正向	保留	$x_{2,22}$ 自来水每日供应	正向	保留
		$x_{2,18}$ 电影院数量	正向	不可观测 删除	$x_{2,23}$ 城市人均住房面积	正向	保留
		$x_{2,19}$ 高中入学率	正向	不可观测 删除	$x_{2,24}$ 完成建筑面积	正向	保留
		$x_{2,20}$ 食品抽样检验合格率	正向	不可观测 删除			
x_3 资源与环境	x'_3 资源承载	$x_{3,1}$ 耕地保护区	正向	保留	$x_{3,6}$ 建成区绿化覆盖率	正向	保留
		$x_{3,2}$ 煤炭消费	负向	保留	$x_{3,7}$ 人均公共绿地面积	正向	保留
		$x_{3,3}$ 规模以上工业综合能源消费量	负向	保留	$x_{3,8}$ 耗水率与工业增加值之比	正向	不可观测 删除
		$x_{3,4}$ 能源消费弹性系数	负向	保留	$x_{3,9}$ 规模以上工业原油消费量	负向	保留
		$x_{3,5}$ 森林覆盖率	正向	保留			
	x''_3 环境质量	$x_{3,10}$ 氮氧化物排放量	负向	保留	$x_{3,17}$ 城市生活垃圾无害化处理率	正向	保留
		$x_{3,11}$ 还原氮氧化物单位地区生产总值排放	正向	保留	$x_{3,18}$ 空气达标日	正向	保留
		$x_{3,12}$ 工业烟尘排放总量	负向	保留	$x_{3,19}$ 工业固体废物综合利用率	正向	保留
		$x_{3,13}$ 二氧化硫排放量减少	正向	保留	$x_{3,20}$ 主要污染物的化学需氧量排放	负向	保留
		$x_{3,14}$ 生活污水处理率	正向	保留	$x_{3,21}$ 主要污染物的氨与氮排放	负向	保留
		$x_{3,15}$ 主要水污染物减排	正向	保留	$x_{3,22}$ 化学需氧量排放总量减少	正向	保留
		$x_{3,16}$ 城市污水排放量	负向	保留	$x_{3,23}$ 氨氮排放总量减少	正向	保留

3 绿色经济发展评价原理

城市绿色经济评价指标体系应以低碳、资源高

效、社会包容、综合协调、可持续发展、数据可达性等基本原则为基础。本文根据国际权威机构经典高频

指标海选原则并经过梳理文献、调查研究,建立了经济发展、社会民生、资源和环境三个一级准则层。在此基础上,建立了由6个二级准则层和81个三级指标组成的海选评价指标体系。根据可观测性进行筛选后,最终建立了由72个指标组成的绿色经济评价指标体系。

为了使各指标值同处于一个数量级别,进行综合测评分析,需对各指标标准化处理,将原始数据均转换为无量纲化指标测评值。本文的指标类型可分为四类,即正向指标、负向指标、适中指标和区间型指标。正向指标即指标值越大,反映绿色经济发展状况越好的指标;负向指标的含义与其相反;适中指标即指标值越接近国家宏观调控规定的某一个值越好;区间型指标即指标值在某一个特定区间内均合理的指标。参考文献[8]对不同类型的指标数据进行标准化,详见下文。

本文采用主成分分析方法评价各省市的绿色经济发展状况。所谓主成分分析^[7]是指将原来众多具有一定相关性的绿色经济发展评价指标(如 P 个指

标),重组成一组相互无关的、新的综合指标来替代原指标,并根据实际需要从这些指标中抽取几个较少的综合变量来尽量多的反映原变量信息。其基本模型为:

$$F_i = a_{1i}X'_1 + a_{2i}X'_2 + \cdots + a_{pi}X'_p \quad i = 1, 2, \cdots, p$$

(1)

其中, $a_{1i}, a_{2i}, \cdots, a_{pi}$ 为 $X = (X_1, X_2, \cdots, X_p)'$ 的协方差阵的特征值所对应的特征向量, $X'_1, X'_2, \cdots, X'_p$ 是原始变量经过标准化处理, F_i 为第 i 个主成分。

利用主成分分析综合评价各省级行政区经济绿色发展状况;通过非参数 K-W 检验确定聚类的合理数目;根据主成分得分采用 K 均值聚类的方法对各省市经济绿色发展情况进行聚类分析;利用主成分分析方法从“经济发展”、“民生社会”、“资源与环境”等三方面评价各省市的发展状况,结合综合评价结果对比分析、挖掘影响各省市经济绿色发展状况的关键因素。基于主成分分析的经济绿色发展评价研究原理见图 1。

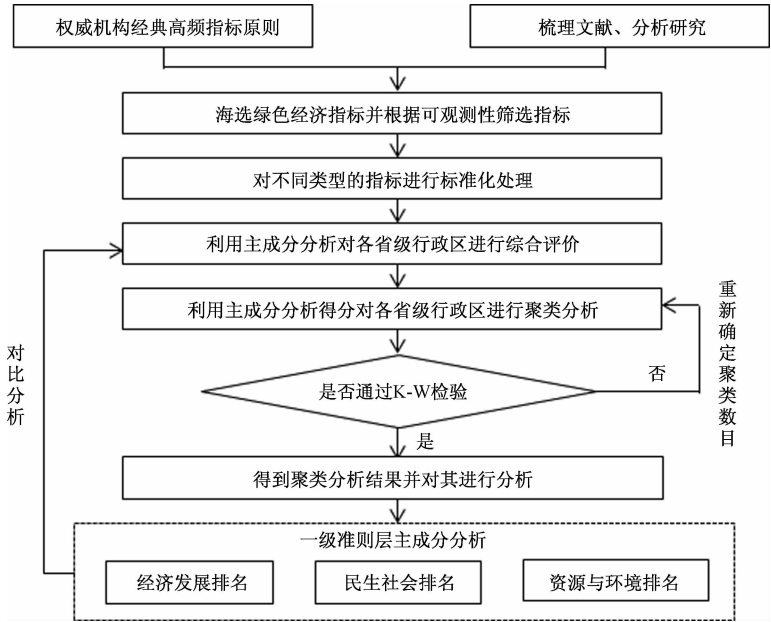


图 1 绿色经济评价研究原理图

4 实证分析

4.1 样本的选取和数据的预处理

本文选取全国 30 个省级行政区,其中包括 4 个直辖市、4 个自治区、22 个省。特别注意,选取的省级行政对象不包括台湾省、香港和澳门特别行政区、西藏自治区。利用 2016 年《中国统计年鉴》、《地方统计

年鉴》、《统计公报》、《环境统计年鉴》以及《能源统计年鉴》对数据进行查找,建立了 72 个指标数据组成的绿色经济评价指标体系库。

利用参考文献[7]、[8]中的各类型指标标准化公式对数据进行标准化处理,因篇幅有限,其公式不再赘述,结果见表 2。

表 2 指标的标准化

一级准则层	二级准则层	指标	指标类型	30 个省级行政区指标标准化				
				北京	...	上海	...	新疆
x ₁ 经济发展	x' ₁ 经济增长	x _{1,1} 地区生产总值	正向	0.30	...	0.33	...	0.09
		x _{1,2} 人均地区生产总值	正向	1.00	...	0.98	...	0.14
		...						
		x _{1,21} 金融业增加值	正向	0.68	...	0.77	...	0.06
		x _{1,22} 物流业增加值	正向	0.31	...	0.37	...	0.15
	x'' ₁ 经济结构	x _{1,23} 第一产业增加值与地区生产总值之比	适中(4%)	1.00	...	1.00	...	0.27
		x _{1,24} 居民消费价格指数(上年=100)	区间[101,105]	1.00	...	1.00	...	1.00
		...						
		x _{1,29} 金融业增加值与地区生产总值的比值	适中(5%)	0.02	...	0.00	...	0.92
		x _{1,30} 物流业增加值占地区生产总值的比重	适中(12%)	0.83	...	0.83	...	0.00
x ₂ 民生社会	x' ₂ 民生改善	x _{2,1} 普查登记人口	正向	0.15	...	0.17	...	0.17
		x _{2,2} 人口自然增长率	适中(7.2%)	0.60	...	0.58	...	0.50
		...						
		x _{2,13} 医生人数	正向	0.36	...	0.29	...	0.21
		x _{2,14} 医院床位数	正向	0.22	...	0.22	...	0.25
	x'' ₂ 社会事业	x' ₂ 民生改善	正向	0.29	...	0.12	...	0.51
		x _{2,16} 公共图书馆人均图书数量	正向	0.31	...	1.00	...	0.11
		...						
		x _{2,19} 城市人均住房面积	正向	0.69	...	0.79	...	0.34
		x _{2,20} 完成建筑面积	正向	0.02	...	0.01	...	0.01
x ₃ 资源与环境	x' ₃ 资源承载	x _{3,1} 耕地保护区	正向	0.00	...	0.00	...	0.32
		x _{3,2} 煤炭消费	负向	1.00	...	0.90	...	0.54
		...						
		x _{3,7} 人均公共绿地面积	正向	0.69	...	0.00	...	0.37
		x _{3,8} 规模以上工业原油消费量	负向	0.73	...	0.88	...	0.72
	x'' ₃ 环境质量	x _{3,9} 氮氧化物排放量	负向	1.00	...	0.94	...	0.55
		x _{3,10} 还原氮氧化物单位地区生产总值排放	正向	0.00	...	0.02	...	0.61
		...						
		x _{3,21} 化学需氧量排放总量减少	正向	0.04	...	0.01	...	0.40
		x _{3,22} 氨氮排放总量减少	正向	0.14	...	0.05	...	0.27

4.2 绿色经济评价的主成分分析

将表 2 中标准化后的数据,利用 SPSS 软件的因子分析功能进行主成分分析,在主成分分析过程中,由于居民消费价格指数的方差不变,不具备参加因子分析的资格,故将其删除,用剩余的 71 个指标进行主成分分析,得到主成分分析计算特征值和方差贡献率,结果见表 3。

对 SPSS 的因子分析模块运行结果输出的成分矩阵中第 i 列的每一个元素分别除以第 i 个特征根的平方根,得到主成分分析的第 i 个主成分的系数主

成分负载系数矩阵,结果见表 4。

文献[15]表明,如果提取的主成分累计贡献率达到 85%以上,就认为提取的主成分能够充分反映原始信息。本文设定所提取的主成分的累计贡献率需要达到 90%。由表 3 可以看出,14 个主成分的累计贡献率已达到 90.95%,故用主成分 F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4 、 F_5 、 F_6 、 F_7 、 F_8 、 F_9 、 F_{10} 、 F_{11} 、 F_{12} 、 F_{13} 、 F_{14} 代表原来的 71 个指标评价各省市绿色经济发展状况已经可以很好的表达所有指标所反映的信息,而且这 14 个主成分互不相关^[7],避免了评价指标反映信息重复的弊端。

表 3 主成分的特征值和贡献率

(1)主成分	(2)特征值	(3)贡献率/%	(4)累计贡献率/%	(5)主成分	(6)特征值	(7)贡献率/%	(8)累计贡献率/%
F_1	26.225	36.936	36.936	F_8	2.079	2.928	78.319
F_2	10.978	15.461	52.397	F_9	1.884	2.654	80.973
F_3	5.014	7.063	59.460	F_{10}	1.772	2.496	83.469
F_4	3.245	4.571	64.031	F_{11}	1.564	2.202	85.671
F_5	3.000	4.225	68.256	F_{12}	1.443	2.032	87.703
F_6	2.680	3.775	72.031	F_{13}	1.269	1.788	89.491
F_7	2.386	3.360	75.391	F_{14}	1.037	1.461	90.952

表 4 主成分负载系数矩阵

评价指标	F_1	F_2	F_3	F_4	...	F_{12}	F_{13}	F_{14}
$x_{1,1}$ 地区生产总值	0.191	0.006	0.012	0.073	...	-0.010	-0.021	-0.018
$x_{1,2}$ 人均地区生产总值	0.082	0.224	-0.143	-0.116	...	-0.056	0.059	0.006
$x_{1,3}$ 年均地区生产总值增长率	0.044	0.112	0.224	-0.077	...	-0.101	0.242	0.212
$x_{1,4}$ 政府税收	0.135	0.188	-0.040	0.025	...	-0.055	-0.060	0.225
$x_{1,5}$ 第一产业增加值	0.131	-0.165	0.084	0.073	...	-0.104	-0.107	0.067
$x_{1,6}$ 第二产业增加值	0.188	-0.027	0.033	0.050	...	-0.008	0.001	-0.076
...								
$x_{3,18}$ 空气达标日	-0.048	0.033	0.261	0.228	...	-0.119	0.054	0.062
$x_{3,19}$ 工业固体废物综合利用量	0.070	-0.191	-0.083	-0.158	...	-0.039	-0.100	0.025
$x_{3,20}$ 主要污染物的化学需氧量排放	-0.157	0.101	-0.130	-0.020	...	0.061	-0.015	-0.020
$x_{3,21}$ 主要污染物的氨与氮排放	-0.170	0.079	-0.073	-0.052	...	0.075	-0.046	0.023
$x_{3,22}$ 化学需氧量排放总量减少	0.075	-0.183	-0.232	0.013	...	-0.108	0.092	-0.037
$x_{3,23}$ 氨氮排放总量减少	0.118	-0.163	-0.068	-0.107	...	-0.028	0.053	-0.007

由表 4 得出 14 个主成分因子的计算表达式如下：

$$F_1 = 0.191X_{1,1} + 0.082X_{1,2} + 0.044X_{1,3} + 0.135X_{1,4} + \cdots - 0.157X_{3,19} - 0.17X_{3,20} + 0.075X_{3,21} + 0.118X_{3,22}$$
 (2)

$$F_2 = 0.006X_{1,1} + 0.224X_{1,2} + 0.112X_{1,3} + 0.188X_{1,4} - \cdots + 0.101X_{3,19} + 0.079X_{3,20} - 0.183X_{3,21} - 0.163X_{3,22}$$
 (3)

$$F_3 = 0.012X_{1,1} - 0.143X_{1,2} + 0.224X_{1,3} - 0.04X_{1,4} + \cdots - 0.13X_{3,19} - 0.073X_{3,20} - 0.108X_{3,21} - 0.028X_{3,22}$$
 (4)

⋮

$$F_{12} = -0.01X_{1,1} - 0.056X_{1,2} - 0.101X_{1,3} - 0.055X_{1,4} - \cdots + 0.061X_{3,19} + 0.075X_{3,20} + 0.075X_{3,21} + 0.118X_{3,22}$$
 (13)

$$F_{13} = -0.021X_{1,1} + 0.059X_{1,2} + 0.242X_{1,3} - 0.06X_{1,4} - \cdots - 0.015X_{3,19} - 0.046X_{3,20} + 0.092X_{3,21} + 0.053X_{3,22}$$
 (14)

$$F_{14} = -0.018X_{1,1} + 0.006X_{1,2} + 0.212X_{1,3} + 0.225X_{1,4} + \cdots - 0.02X_{3,19} + 0.023X_{3,20} - 0.037X_{3,21} -$$

$$0.007X_{3,22}$$
 (15)

将原始数据带入式(2)－(15),可以得出 30 个省级行政区的 14 个主成分得分,再以各主成分所对应的贡献率(见表 3 中第 3、7 列)为权重进行加权求和,得到各省级行政区综合得分的计算公式：

$$F = 0.36936F_1 + 0.15461F_2 + 0.07063F_3 + 0.04571F_4 + 0.04225F_5 + 0.03775F_6 + 0.0336F_7 + 0.02928F_8 + 0.02654F_9 + 0.02496F_{10} + 0.02202F_{11} + 0.02032F_{12} + 0.01788F_{13} + 0.01461F_{14}$$
 (16)

将表 2 中各省级行政区指标标准化得分带入式(16)得到各省级行政区综合得分及排名,见表 5。

4.3 绿色经济评价的聚类分析^[10]

在得出各省市的综合得分之后,为了更清楚的表明各省市绿色经济的发展状况,对 30 个省市进行聚类分析。

聚类的数目如果人为设定,具有一定主观随意性。本文采用 K-W 检验分析同一类中各省市之间在得分上是否存在显著差异,进而判断对 30 个省市的聚类数目是否合理。

表 5 绿色经济评价结果

地区	F_1	F_2	F_3	F_4	F_5	...	F_{11}	F_{12}	F_{13}	F_{14}	得分	排名
北京	1.18	3.01	0.26	-0.82	0.11	...	-0.02	1.23	0.00	0.79	0.98	6
天津	0.38	2.05	0.36	-0.68	0.64		0.09	0.46	0.37	-0.06	0.56	15
河北	1.76	-0.26	0.36	-0.86	0.68		0.47	0.68	-0.09	0.29	0.77	11
山西	0.40	0.21	0.02	-0.57	0.93		0.31	1.27	-0.12	0.42	0.29	23
辽宁	1.02	0.41	-0.43	-0.09	1.46		0.26	0.78	0.00	0.23	0.54	16
吉林	0.14	0.54	0.12	-0.16	0.97		0.17	0.84	0.37	0.37	0.24	25
上海	1.38	3.11	0.23	-0.59	0.98		0.68	0.03	0.38	0.64	1.14	5
重庆	0.55	1.28	1.30	-0.42	0.88		-0.30	0.73	0.43	0.08	0.61	13
黑龙江	0.32	0.07	-0.27	-0.10	1.13		-0.16	0.48	0.42	0.47	0.22	26
江苏	3.95	1.00	0.59	-0.54	0.36		-0.31	0.44	0.09	0.77	1.69	2
浙江	2.71	1.60	0.88	-0.79	0.71		0.66	1.14	0.39	-0.05	1.38	3
安徽	1.39	0.36	1.11	-1.06	0.75		0.51	0.76	0.50	0.51	0.71	12
福建	1.27	1.21	1.40	-0.70	0.98		0.41	0.73	0.14	0.21	0.82	8
江西	0.82	0.71	1.61	-0.92	0.84		0.20	0.65	0.30	0.34	0.58	14
山东	3.67	-0.43	0.14	-1.02	0.29		0.44	0.59	0.42	0.24	1.37	4
河南	1.19	0.14	-0.01	-1.78	-0.07		-0.15	0.69	0.56	0.48	0.46	19
湖北	1.55	0.44	0.84	-0.61	0.71		0.29	0.88	0.38	0.70	0.79	9
湖南	1.47	0.31	1.16	-0.77	0.98		0.05	0.37	0.20	0.27	0.78	10
广东	4.63	0.95	1.25	0.49	0.58		0.05	0.74	0.58	0.20	2.09	1
海南	-0.38	1.22	1.52	-0.50	1.06		0.04	0.69	0.17	0.55	0.25	24
四川	1.68	0.17	0.99	-0.60	0.77		-0.23	0.45	0.17	0.27	0.84	7
贵州	0.35	0.43	1.60	-0.38	0.33		0.57	0.33	0.45	0.68	0.39	22
云南	0.34	0.39	1.42	-0.45	0.72		0.23	0.60	-0.03	0.38	0.40	21
陕西	0.77	0.48	0.81	-0.95	0.70		0.04	0.86	-0.15	0.21	0.47	17
甘肃	-0.43	0.46	0.64	0.26	-0.01		0.37	1.30	0.50	0.57	0.11	27
青海	-0.71	1.24	0.93	-0.70	0.11		0.10	0.43	0.54	-0.09	0.06	30
内蒙古	0.71	0.52	0.23	-0.47	1.13		0.07	0.76	0.77	0.49	0.44	20
广西	0.52	0.43	1.43	-0.45	0.87		0.44	0.80	-0.08	0.41	0.47	18
宁夏	-0.43	1.12	0.62	-0.86	0.61		-0.25	0.90	0.33	0.10	0.11	28
新疆	-0.03	0.37	0.41	0.10	-0.27		0.29	0.46	-0.19	0.18	0.11	29

本文利用 K 均值聚类分析法对我国 30 个省级行政区进行聚类。首先,分别将研究对象分为三类、四类,并对两种分类结果分别进行 K-W 检验,利用 SPSS 软件对每种分类结果的每个类别进行 K-W 检验,若每一类的显著性水平 $\text{sig}>0.05$,则接受原假设,即这一绿色经济发展类别中的各个省市发展状况没有显著的差异,则认为该类各省市绿色经济发展的聚类科学合理;反之,则拒绝原假设,即该类各省市绿色经济发展聚类不合理,应当重新确定聚类数目进行聚类。最后发现将研究对象归为四类时各类别的 K-W 检验均通过,因此将研究对象分为四类进行聚类分析。K-W 检验结果及 K 均值聚类分析所得结果见表 6、7。

表 6 K-W 检验结果

聚类结果	K-W 检验 sig	K-W 检验结果
1	0.392	有效
2	0.437	有效
3	0.317	有效
4	0.429	有效

4.4 一级准则层下的主成分分析

为了找出影响各省级行政区经济绿色发展关键因素,本文对一级准则层下各指标数据进行主成分分析,具体过程不再赘述,一级准则层下各省市的排名见表 8。

表 7 K 均值聚类分析结果

地区	聚类结果	评价	地区	聚类结果	评价	地区	聚类结果	评价
江苏	1	优秀	安徽	3	中等	内蒙古	3	中等
广东	1	优秀	福建	3	中等	广西	3	中等
北京	2	良好	江西	3	中等	山西	4	较差
上海	2	良好	河南	3	中等	吉林	4	较差
浙江	2	良好	湖北	3	中等	黑龙江	4	较差
山东	2	良好	湖南	3	中等	海南	4	较差
天津	3	中等	四川	3	中等	甘肃	4	较差
河北	3	中等	贵州	3	中等	青海	4	较差
辽宁	3	中等	云南	3	中等	宁夏	4	较差
重庆	3	中等	陕西	3	中等	新疆	4	较差

表 8 一级准则层及总体综合得分排名

地区	经济发展	民生社会	资源与环境	总体排名	地区	经济发展	民生社会	资源与环境	总体排名
北京	6	3	6	6	河南	19	7	21	19
天津	14	11	5	15	湖北	7	13	24	9
河北	8	10	25	11	湖南	12	12	27	10
山西	20	29	13	23	广东	1	1	30	1
辽宁	13	18	17	16	海南	27	26	3	24
吉林	23	28	8	25	四川	10	9	26	7
上海	5	4	7	5	贵州	22	22	10	22
重庆	15	19	9	13	云南	25	20	12	21
黑龙江	24	27	16	26	陕西	17	21	14	17
江苏	2	5	28	2	甘肃	29	24	2	27
浙江	4	2	22	3	青海	30	25	1	30
安徽	11	14	23	12	内蒙古	16	23	19	20
福建	9	8	20	8	广西	21	16	15	18
江西	18	15	18	14	宁夏	28	30	4	28
山东	3	6	29	4	新疆	26	17	11	29

4.5 各省级行政区绿色经济综合分析

1) 经济发展与绿色经济总体发展程度相一致。由图 2 可以看出我国各省级行政区经济发展与绿色经济总体发展趋势基本一致,从图 2 中可知,河北、陕西、辽

宁、内蒙古、新疆的经济发展排名比总体排名靠前,且这些地区都不属于经济发达地区,这说明这些地区近年来重在发展经济,但值得强调的是在经济发展取得长足进步的同时,也应该重视资源环境与民生问题。

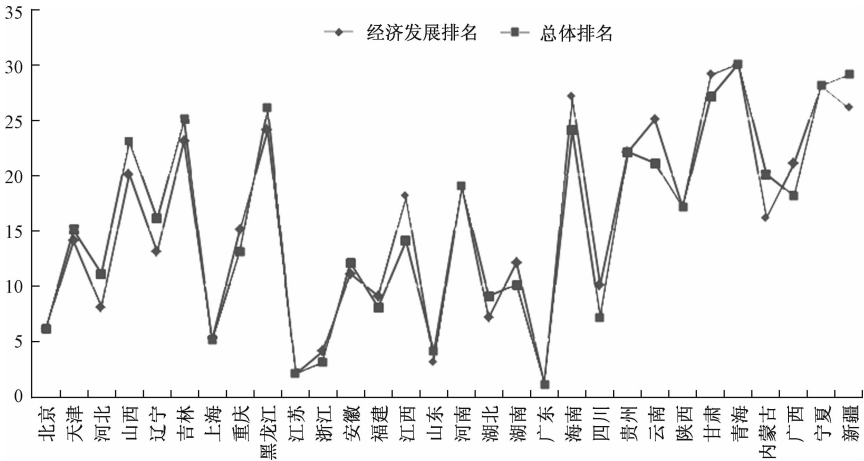


图 2 经济发展与总体评价排名

2)民生社会与绿色经济总体发展具有同向性。由图3可以看出,我国各省市民生社会评价排名与总体评价的排名趋势基本一致,但从折线图中可以看出,河南、青海、新疆等地区的民生社会排名比总体排名靠前许多,这说明这些地区“民生社会”发展程度较好。而山西、重庆、陕西等地区民生社会排名滞后于总体排名,这提醒我们在发展经济时也要注重民生社会发展。

3)资源与环境排名与总体评价排名不同向。由图4可知,我国各省级行政区资源与环境排名与总体评价的排名不同向,这说明各省级行政区资源环境与绿色经济发展状况不相适应。从折线图中可以看到,除北京、辽宁、上海、河南、内蒙古等资源与环境排名

与总体排名基本一致,其余地区的总体排名与资源与环境排名差距较大。广东、江苏、浙江、山东等地的总体排名位居前四名,但资源与环境排名却几乎是倒数,其原因是这些地区的经济发展和民生社会发展名列前茅,大幅提高了总体排名,这也反映了其牺牲了资源环境来换取经济发展;河北省是近年来华北地区环境整改的重点地区,环境污染极为严重,这也提醒我们不能以牺牲环境为代价来发展经济。而吉林、海南、青海、宁夏、新疆等典型的欠发达地区,虽资源与环境情况不错,但因其经济发展受限,使其总体排名极为落后。因此,保持经济发展、资源与环境以及民生社会均衡发展才是长久之计。

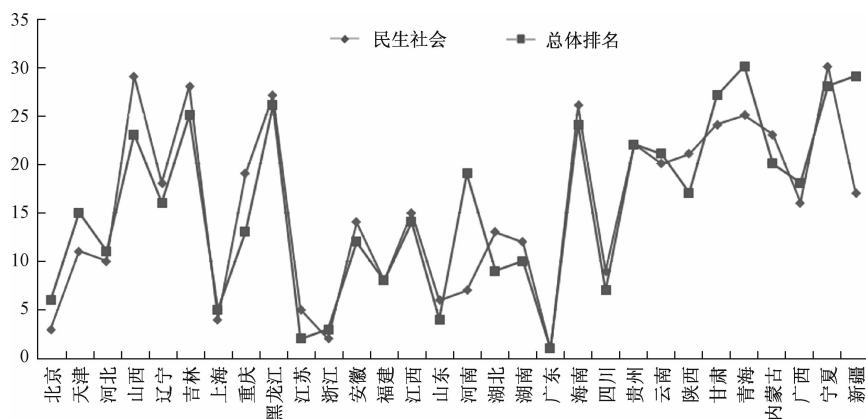


图3 民生社会与总体评价排名

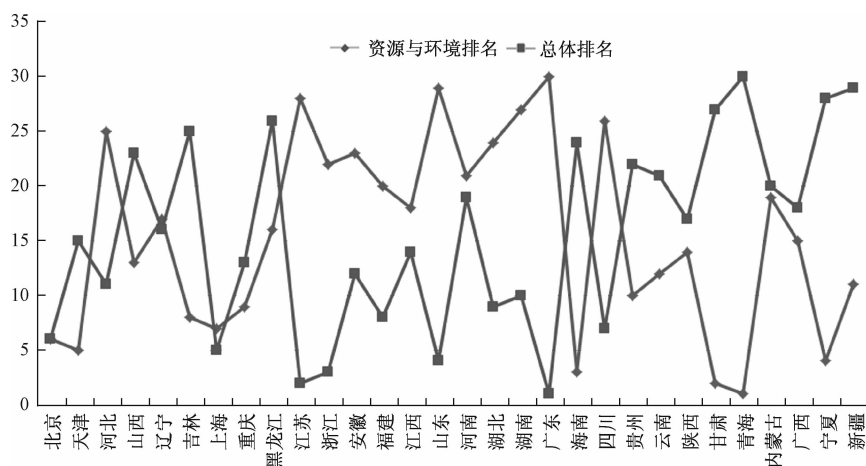


图4 资源与环境与总体评价排名

综合以上实证分析,“资源与环境”与“经济发展”是影响绿色经济发展的主要因素,一些经济发达的地区,如广东、江苏、浙江等地区的资源环境问题十分严重,这些地区应该加以重视环境问题来推动绿色经济的发展。而经济欠发达的地区,如甘肃、宁夏、新疆这

些地区资源环境问题良好,应当着力解决当地的经济问题来发展绿色经济。因此,只有经济发展、民生社会、资源环境三者均衡发展才是实现绿色经济的长久之计。

参考文献

[1] International Energy Conservation Environmental Protection Association(IECEPA). Ecological safety strategic key points of international urban ecological construction[R]. 2010.

[2] 卢玉玲. 我国循环经济评价指标体系研究述评[J]. 环境保护与循环经济, 2010(4):15-17.

[3] World Commission on Environment and Development (WCED). The brundtland report, our common future[M]. Oxford;Oxford University Press,1987;55-72.

[4] 中华人民共和国国家环境保护总局. “十一五”期间城市环境综合整治定量考核指标[EB/OL].

[5] 中国节能协会服务产业委员会(EMCA). 2009 年中国节能服务产业发展报告[R]. 2009.

[6] 北京市发展和改革委员会. 北京市“十二五”时期绿色北京发展规划[R]. 北京市发展和改革委员会, 2011.

[7] 迟国泰, 曹婷婷, 张昆. 基于相关-主成分分析的人的全面发展评价指标体系构建[J]. 系统工程理论与实践, 2012, 32(1):111-119.

[8] 曹慧, 石宝峰, 赵凯. 我国省级绿色创新能力评价及实证[J]. 管理学报, 2016, 13(8):1215-1222.

[9] 朱海玲. 绿色经济评价指标体系的构建[J]. 统计与决策, 2017(5):27-30.

[10] 李楚瑛, 李战江. 基于动态聚类-因子分析的社会发展评价指标构建模型[J]. 数学的实践与认识, 2017, 47(16):47-60.

[11] 邢艳春, 王嘉策. 基于 R 型聚类-因子分析的绿色经济发展指标体系的构建[J]. 统计与管理, 2018(1):102-104.

[12] 刘倩, 方芳. 基于熵值法的河北省绿色经济发展综合评价分析[J]. 河北企业, 2015(8):42-44.

[13] 韩磊. 基于熵值法和因子分析的湖南省绿色经济发展评价研究[J]. 中州大学学报, 2017, 34(4):43-47.

[14] 朱金鹤, 叶雨辰. 新常态背景下新疆绿色经济发展水平测度及空间格局分析[J]. 生态经济, 2018, 34(3):84-89+146.

[15] 明慧, 陈琦琦. 基于主成分分析的贵州省经济社会发展综合评价[J]. 中国集体经济, 2018(9):28-29.

Research on Economic Green Development Evaluation Based on Principal Component Analysis

DU Yong-qiang¹, WANG Yue^{1,2}, LI Jing-jie¹, LU Zhi-yi¹

(1. School of Science, Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China; 2. School of Statistics, Dongbei University of Finance and Economics, Dalian Liaoning 116026, China)

Abstract: China's rapid economic growth has caused serious ecological problems, and people are deeply aware of the bottleneck of resource and environmental problems on China's economic development. Therefore, We must develop green economy. This article is based on the connotation of green economy, which is combined with domestic and international authoritative institutions classic view of high-frequency indicators and the indicators in the relevant literature, and establish the evaluation index system of green economy. In the end, this article employ the method of principal component analysis and cluster analysis to study green economy development on the province-level regions in China.

Key words: green economy; principal component analysis; cluster analysis