

Study on the Evaluation of the Construction Level of Provincial Ecological Civilization Based on Grey Relational Projection Method

Xia Feng^{1,2}, Mu Zhang¹

Guizhou University of Finance and Economics 1. College of Big Data Application and Economics; 2. Guizhou Institute of Innovation and Venture Capital
Guiyang, China
rim_007@163.com

基于灰色关联投影法的省域生态文明建设水平评价研究

冯霞^{1,2}, 张目¹

贵州财经大学 1. 大数据应用与经济学院; 2. 贵州科技创新创业投资研究院
贵阳 550025, 中国
rim_007@163.com

Abstract—Based on the "whole ecosystem" interpretation of the connotation of ecological civilization, this paper constructs an evaluation system of ecological civilization construction with 34 indexes including search engine data-Baidu index from four aspects: ecological environment, ecological economy, ecological livability and ecological culture. In order to better identify and guide the direction of ecological civilization construction, this paper introduces the grey relational projection method into the evaluation of the level of ecological civilization construction, establishes the evaluation model of ecological civilization based on the grey relational projection method, evaluates the state and construction process of ecological civilization in China's provinces from 2013 to 2017 by using the analytic hierarchy process, and compares the projection values of 30 provinces. The size of each province determines the level of ecological environment quality and the ranking of advantages and disadvantages, and carries out a comprehensive evaluation of the national level of ecological civilization construction, and puts forward specific strategic suggestions for the key direction of future ecological civilization construction in different regions.

Key words—ecological civilization construction evaluation system, search engine data, ecological civilization evaluation model, grey relational projection value.

摘要—基于对生态文明内涵的“全生态”解读，从生态环境、生态经济、生态宜居和生态文化 4 个方面出发，构建了包含搜索引擎数据-百度指数在内的 34 项指标的生态文明建设评价体系。为更好地识别与引导生态文明建设方向，本文将灰色关联投影法引入到生态文明建设水平评价当中，建立了基于灰色关联投影法的生态文明评价模型，运用熵权法对 2013-2017 年我国各省份生态文明的状态与建设过程两个方面进行评价，通过比较 30 个省份的投影值的大小，确定各省份所属的生态环境质量级别以及优劣排序，并对全国生态文明建设水平进行综合评价，针对不同地区未来生态文明建设的重点方向提出了具体的战略性建议。

I. 引言

为有序指导我国生态文明建设的具体实践工作，国家环境保护部与发展改革委员会等相关部委及各省市出台了一系列的生态文明建设评价体系，国务院先后印发了《关于加快推进生态文明建设的意见》和《生态文明体制改革总体方案》，关于生态文明建设的重大意义，十八大报告指出：“建设生态文明，是关系人民福祉、关乎民族未来的长远大计。”为深入贯彻党中央、国务院关于加快推进生态文明建设的总体部署，建立和完善生态文明建设标准体系，充分发挥标准化在生态文明建设中的支撑和引领作用，国家标准委组织编制了《生态文明建设标准体系发展行动指南（2018-2020 年）》，围绕坚决打好污染防治攻坚战，建立健全生态文明建设标准体系，加快制修订生态环境、空间布局、生态经济、生态文化等生态文明建设急需的关键技术标准，着力推动生态文明建设标准应用实施，推动建设人与自然和谐共生的现代化，不断满足人民日益增长的优美生态环境需要。足由此可见构建生态文明建设评价指标体系对提升生态文明建设的发展水平具有重要作用。

学者们从不同角度构建了一系列评价地区生态文明建设的指标体系。虽然国外研究并没有直接反映生态文明特征的指标体系，但对环境保护、可持续发展等方面的指标体系可为生态文明提供有益的借鉴参考^[1-2]。目前国内学者构建的生态文明评价指标多通过指标法来选取，从指标构成来看，绝大多数文献都将环境类指标，比如森林覆盖率、环境空气质量优良率等纳入到生态文明指标体系当中^[3-5]，例如张欢^[6]等以特大型城市-武汉市为例所构建的生态文明评价指标体系包含 4 个一级指标：生态环境的健康度、资源环境消耗强度、面源污染的治理效率、居民生活宜居度，20 个二级指标；杜宇^[7]等从自然、经济、社会、政治、文化 5 个角度设计出包含 34 个

指标的生态文明建设评价指标框架,来衡量人与自然、人与人、经济与社会之间的互动关系;朱玉林^[8]等以长株潭城市群为例,构建了一套较为完整的城市生态文明建设评价指标体系。该指标体系主要包括生态经济、民生改善、生态环境、生态治理和生态文化五个方面,包含28个指标;林震^[9]等对三个省会城市贵阳市、杭州市和南京市的生态文明建设评价指标体系进行研究。本文在现有研究的基础上,创造性地将百度指数纳入到生态文明建设指标体系当中,从而完善了生态文明建设评价体系,目前,百度指数已成功应用于股票价格预测、旅游、公共文化服务体系、艾滋病疫情、农民工返乡关注度、房地产价格等方面。陈洪^[10]结合百度指数提供的数据,对30个省的艾滋病情况进行时空分析,并给出及时监控措施;朱华晟^[11]以2011-2014百度指数为数据来源,讨论农民工返乡创业关注度的变化趋势;姜文杰^[12]使用搜索关键词的百度指数开展研究,对上海市的新建住宅价格指数进行了拟合和预测。百度指数是重要的互联网大数据,通过百度指数中关于生态文明关键词的搜索量体现生态文化的普及度,完善了生态文明建设评价指标体系,鉴于此,因此本文构建了包含百度指数在内的生态文明建设评价指标体系,运用熵权法确定各指标权重,建立基于灰色关联投影的生态文明评价模型,比较灰色关联投影值的大小,对全国生态文明建设水平进行优劣排序,进而为全国生态文明水平的进一步发展提供新思路。

II. 基于灰色关联投影的生态文明评价模型

建模步骤如下^[13-14]:

步骤 1. 构建决策矩阵

构造多指标决策域集合A, 记A={方案1,方案2,...,方案n}={A₁,A₂,...,A_n}, A₀是为最优方案; 构造因素指标集合V, 记V={指标1,指标2,...,指标m}={V₁,V₂,...,V_m}, 则最优方案A₀的属性值为Y_{0j}, 且满足:

当因素指标V_j属于效益型指标时, Y_{0j} = max(Y_{1j}, Y_{2j}, ..., Y_{nj}), j = 1, 2, ..., m

当因素指标V_j属于成本型指标时, Y_{0j} = min(Y_{1j}, Y_{2j}, ..., Y_{nj}), j = 1, 2, ..., m

当因素指标V_j属于固定型指标时, Y_{0j}为该评估指标的最佳稳定值, j = 1, 2, ..., m

决策方案A_i对指标V_j的属性值为Y_{ij}, 决策域集合A对因素指标集V的决策矩阵Y如下:
$$Y = (Y_{ij})_{(n+1) \times m}, \quad i = 0, 1, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m$$

步骤 2. 初始化决策矩阵

为消除量纲和量纲单位不同所带来的不可公度性, 应对因素指标进行极值化处理。

对于效益型指标, 令Y_{ij}^{*} = Y_{ij}/maxY_{ij}, i = 0, 1, ..., n, j = 1, 2, ..., m (1)

对于成本型指标, 令Y_{ij}^{*} = minY_{ij}/Y_{ij}, i = 0, 1, ..., n, j = 1, 2, ..., m (2)

步骤 3. 构造灰色关联度决策矩阵

以Y_{ij}^{*} (i = 0, 1, ..., n, j = 1, 2, ..., m) 为子因素, Y_{0j}^{*} (j = 1, 2, ..., m) 为母因素, 则母因素与子因素之间的关联度用r_{ij}表示, 即最优方案与其他决策方案之间的关联度, r_{ij}的计算如下:

$$r_{ij} = \frac{\min \min |Y_{0j}^* - Y_{ij}^*| + \lambda \max \max |Y_{0j}^* - Y_{ij}^*|}{|Y_{0j}^* - Y_{ij}^*| + \lambda \max \max |Y_{0j}^* - Y_{ij}^*|}$$

式中: λ是分辨系数, 0 < λ < 1, 通常取λ = 0.5,

由r_{ij}(i = 0, 1, 2, ..., n; j = 1, 2, ..., m)组成的灰色关联度决策矩阵为: R = (r_{ij})_{(n+1) × m}, 显然, R₀₁ = R₀₂ = ... = R_{0n} = 1

步骤 4. 运用熵值赋权法确定因素指标的权重系数

步骤 5. 确定加权灰色关联决策矩阵

记指标权重向量为W_k = (w₁, w₂, ..., w_m)^T, 则对灰色关联度决策矩阵R加权后得到加权灰色关联决策矩阵R', 且满足:

$$R' = R \cdot W = (R'_1, R'_2, \dots, R'_m)$$

$$R' = \begin{bmatrix} w_1 & w_2 & \dots & w_m \\ w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_m r_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_m r_{mn} \end{bmatrix}$$

步骤 6. 计算灰色关联投影值

记决策方案与最优方案之间的灰色关联投影夹角为θ_i, 则:

$$\cos \theta_i = \frac{\sum_{j=1}^m r_{ij} w_j^2}{\sqrt{\sum_{j=1}^m w_j^2} \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} w_j^2)^2}}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

决策方案A_i在最优方案上的投影值为灰色关联投影值D_i:

$$D_i = \|A_i\| \cdot \cos \theta_i = \sum_{j=1}^m r_{ij}w_j^2 / \sqrt{\sum_{j=1}^m w_j^2}, i = 1, 2, \dots, n$$

$$R' = \begin{bmatrix} w_1 & w_2 & \dots & w_n \\ w_1 r_{11} & w_2 r_{12} & \dots & w_n r_{1n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_1 r_{m1} & w_2 r_{m2} & \dots & w_n r_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

步骤 6. 计算灰色关联投影值

记决策方案与最优方案之间的灰色关联投影夹角为 θ_i , 则:

$$\cos \theta_i = \sum_{j=1}^m r_{ij}w_j^2 / \sqrt{\sum_{j=1}^m w_j^2} \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij}w_j^2)^2}, i = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

决策方案 A_i 在最优方案上的投影值为灰色关联投影值 D_i :

$$D_i = \|A_i\| \cdot \cos \theta_i = \sum_{j=1}^m r_{ij}w_j^2 / \sqrt{\sum_{j=1}^m w_j^2}, i = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

III. 省域生态文明建设水平实证分析

生态文明指标的选择对于准确评估生态文明建设水平具有重要作用, 本文在构建指标体系时遵循综合性与代表性、针对性与可比性、导向性与前瞻性的原则, 同时考虑到数据的可获得性、科学性以及可操作性, 本文以 30 个省份为研究对象, 评价其 2013 年至 2017 年这五年内的生态文明建设的发展水平, 从生态经济、生态环境、生态宜居以及生态文化四个方面出发, 构建了包含 34 个二级指标的生态文明建设指标体系, 见表 1。

表 1. 省域生态文明建设水平评价体系

目标层	一级指标	二级指标
生态文明建设水平	生态经济	服务业增加值占 GDP 的比重 (%)；R & D 经费支出占 GDP 的比重 (%)；人均生产总值 (元)；单位 GDP 能耗 (吨煤/万元)；单位 GDP 煤炭消耗 (吨碳/万元)；单位 GDP 石油消耗 (吨石油/万元)；单位 GDP 建设用地 (公顷/亿元)；单位 GDP 废水排放量 (吨/万元)；高新技术产业产值占规模以上工业产值的比重 (%)；
	生态环境	主要饮用水源水质达标率 (%)；工业用水重复利用率 (%)；空气质量优良天数 (天)；区域环境噪声平均等效声级 (分贝)；二氧化硫排放量 (万吨)；化学需氧量排放量 (万吨)；氨氮排放量 (万吨)；氮氧化物排放量 (万吨)；空气质量达到二级标准的天数比例 (%)；地表水好于 III 类水质的比例 (%)；工业固体废弃物综合利用率 (%)；
	生态宜居	城市生活污水集中处理率 (%)；城市生活垃圾无害化处理率 (%)；建成区绿化覆盖率 (%)；人均公园绿地面积 (平方米)；万人拥有公交车辆 (辆/万人)；森林覆盖率 (%)；城区绿化覆盖率 (%)；城区人口密度 (人/平方千米)；城区人均道路面积 (平方米)；城区人均住房面积 (平方米)；
	生态文化	文化产业增加值占 GDP 比重 (%)；居民文化娱乐消费支出占消费总支出比重 (%)；百度指数 pc 端搜索量 (次)；百度指数移动端搜索量 (次)

数据来源: 本文样本期间选定为 2013 年至 2017 年, 以 30 个省份 (西藏地区数据暂无) 为研究对象, 各项生态文明指标的原始数据主要来源于各省份统计局发布的 2014-2018 统计年鉴、各省份环境保护局发布的环境公告和水资源公报, 篇幅有限, 原始数据略。

步骤 1. 针对 30 个省份, 构造多指标决策域集合 A , 以及包含 34 个指标的指标集 V , 34 个指标中有 11 个指标属于成本型指标, 23 个指标属于效益型指标。即可得到最优方案

$$A_0 = 80.6, 6.08, 128927, 0.2672, 0.0310, 0.0471, 0.0209, 0.1196, 55.6, 100, 96.55, 363, 47.2, 1.43, 5.75, 0.56, 6.1, 99.5, 98.2, 98.99, 97.71, 100, 48.4, 19.77, 26.55, 66, 48.42, 1059, 25.82, 54.13, 21.6, 16.16, 94, 81$$

根据已知的最优方案和指标集, 列出决策域集合 A 对指标集 V 的属性矩阵 Y , 属性矩阵 Y 的第一行是最优方案。(以 2013 年的数据为例)

表 2. 决策域集合 A 对指标集 V 的属性矩阵 Y

81	6.1	128927	0.3	0.0310	0.0411	0.0209	0.1	56	100	97	363	47.2	1	5.8	1	6
78	6.1	94648	0.3	0.10	0.07	0.08	0.5	22	100	42	176	53.9	9	17.9	2	17
48	3.0	100105	0.5	0.37	0.11	0.05	1.3	31	100	94	175	53.9	22	22.2	2	31
36	1.0	38909	1.0	1.11	0.05	0.04	3.9	24	100	94	129	53.1	128	131.0	11	165
42	1.2	34984	1.6	2.89	0.06	0.06	3.6	13	98	92	183	52.9	126	46.1	6	116

37	0.7	67836	1.0	2.06	0.06	0.06	1.6	14	96	88	205	52.8	136	86.3	5	138
41	1.7	61996	0.8	0.67	0.15	0.07	3.1	26	99	90	182	67.9	103	125.3	10	96
36	0.9	47428	0.7	0.80	0.08	0.07	2.9	24	94	77	335	54.2	38	76.1	5	56
42	1.2	37697	0.8	0.92	0.13	0.10	2.9	22	95	58	339	54.3	49	144.7	9	75
63	3.6	90993	0.5	0.26	0.16	0.09	2.1	23	100	67	241	55.5	22	23.6	5	38
46	2.5	75354	0.5	0.47	0.05	0.05	3.7	22	100	86	220	54.5	94	114.9	15	134
48	2.2	68805	0.5	0.38	0.07	0.05	5.0	24	100	78	250	55.7	59	75.5	11	75
34	1.9	32001	0.6	0.81	0.06	0.08	3.9	30	98	96	316	53.9	50	90.3	10	86
40	1.4	58145	0.5	0.37	0.08	0.04	4.8	20	99	87	362	55.4	36	63.9	9	44
35	0.9	31930	0.5	0.50	0.06	0.06	4.7	20	98	50	316	54	56	73.5	9	57
42	2.2	56885	0.6	0.68	0.07	0.05	3.4	25	100	91	200	47.2	165	184.6	16	165
36	1.1	34211	0.7	0.78	0.06	0.05	3.9	23	92	93	324	50.9	125	135.4	14	157
40	1.8	42826	0.6	0.49	0.09	0.06	3.1	22	98	87	315	53.9	60	105.8	12	61
41	1.3	36943	0.6	0.46	0.06	0.06	3.6	16	97	42	324	54.6	64	124.9	16	59
49	2.3	58833	0.4	0.27	0.08	0.05	2.6	18	97	90	319	55.1	76	173.4	22	120
38	0.8	30741	0.6	0.51	0.07	0.07	6.2	17	96	93	349	54.3	47	75.9	8	50
52	0.5	35663	0.5	0.32	0.12	0.06	0.3	20	98	60	362	58	32	19.4	2	10
47	1.4	43223	0.6	0.45	0.06	0.07	2.6	21	96	31	206	53.5	55	39.2	5	36
36	1.5	32617	0.7	0.44	0.09	0.06	2.3	23	92	82	325	53.7	82	123.2	14	62
47	0.6	23151	1.1	1.69	0.08	0.03	2.2	10	93	81	278	55.6	99	32.8	4	56
43	0.7	25322	0.9	0.83	0.08	0.05	2.6	21	98	38	333	55	66	54.7	6	52
36	2.1	43117	0.7	1.06	0.07	0.06	2.2	21	97	89	329	53.5	81	51.9	6	76
43	1.1	24539	1.1	1.03	0.14	0.10	3.8	12	94	95	261	50.1	56	37.9	4	44
36	0.7	36875	1.8	0.98	0.11	0.06	2.1	19	99	48	266	52.5	16	10.3	1	13
43	0.8	39613	1.9	3.31	0.10	0.12	5.3	19	97	92	251	53.1	39	22.2	2	44
41	0.5	37553	1.6	1.68	0.15	0.05	1.1	24	98	10	280	56.7	83	67.2	5	89

续表:

99.5	98.2	99	98	100	48	19.8	26.6	66	48	1059	26	54.1	21.6	16	94	81
48.2	49.8	84	85	99	47	12.7	24.4	36	46	1289	8	31.3	13.0	15	94	36
48.0	13.6	99	90	97	35	11.0	19.0	10	31	2843	19	35.8	21.3	8	59	21
35.3	48.57	42	95	83	41	14.1	12.6	23	37	2483	18	33.7	5.8	10	62	32
50.3	46	65	88	88	40	11.2	9.9	18	34	3526	13	31.1	8.0	14	53	31
56.2	59.7	49	88	94	36	16.9	8.6	21	33	1059	20	29.6	8.1	11	44	24
50.0	14.8	44	90	88	40	11.1	11.2	38	37	1663	12	30.8	3.4	8	58	31
91.9	70.6	81	84	61	31	11.8	10.2	40	28	3135	14	28.3	3.1	12	49	26
92.9	53.3	68	76	54	36	12.1	12.6	43	33	4922	13	27.2	3.0	9	58	29
66.0	48.9	67	87	91	38	7.1	12.1	11	34	3809	4	31.5	4.6	15	67	30
60.3	45.8	93	92	97	42	14.0	14.2	16	39	2016	23	44.2	5.0	12	74	38
68.4	63.8	93	89	99	40	12.4	14.6	59	36	1818	18	48.2	3.3	10	79	36
86.6	67.6	79	96	99	40	12.5	11.0	28	35	2359	20	33.8	2.9	10	61	30
99.4	95.2	80	87	98	43	12.6	12.7	66	39	2570	13	38.7	2.7	10	67	49
86.7	80.8	54	83	93	45	14.1	9.2	60	42	4542	15	40.9	2.7	12	49	28
55.0	50.7	52	95	100	43	16.8	13.5	17	38	1361	25	36.4	3.0	10	72	35
89.3	45.8	75	91	90	38	9.6	9.1	22	33	4982	12	39.6	2.3	12	66	38
86.2	87	67	92	85	38	10.8	11.6	38	33	2505	16	41.7	3.0	10	63	33
89.0	89.9	64	88	96	38	9.0	10.8	48	34	3317	14	40.2	5.4	11	60	33
87.5	78.2	91	92	85	42	15.9	13.1	51	37	3066	13	31.8	4.2	9	88	45
95.8	81.8	73	86	96	38	11.5	9.4	57	33	1543	16	36.1	2.8	12	49	27
99.1	90.8	53	75	100	42	12.5	11.5	55	37	1946	19	30.3	2.3	12	26	12
56.4	73.4	85	94	99	42	18.0	11.6	38	38	1847	11	33.6	3.5	10	51	28
89.2	70.5	52	83	95	38	11.2	14.6	35	34	2900	13	36.6	3.4	9	62	33
76.2	83.6	57	94	92	34	11.4	9.6	37	31	3406	10	34.8	2.0	14	63	32

91.2	70.4	52	92	88	38	10.6	11.6	50	34	2415	12	43.5	2.1	5	50	27
90.1	54.2	77	89	96	40	11.8	16.3	41	34	5541	15	35.0	2.7	13	60	33
71.4	80	56	81	42	32	11.8	10.4	11	28	3916	14	30.9	2.6	10	42	22
73.1	85.7	56	62	78	31	9.7	14.5	6	29	2924	11	32.8	1.7	11	10	5
68.8	60.6	73	94	93	38	17.5	13.2	12	37	1253	19	32.2	2.2	12	20	6
76.7	94.76	63	88	78	36	10.1	14.4	4	33	4361	16	25.0	2.7	11	33	17

步骤 2.通过对决策矩阵Y进行初值化处理, 得到初始化解策矩阵Y*

步骤 3.根据计算所得的最优方案与其他决策方案之间的关联度, 构建灰色关联判断矩阵R, 这里取分辨系数的取值为0.5

步骤 4.采用熵权法对各项指标赋权, 由于本文所采用的指标中, 效益型指标是大者为优, 成本型指标是小者为优, 将原始数据进行无量纲化, 然后计算出各项指标的熵值, 进而得到一组加权系数

$$W = (0.051, 0.055, 0.045, 0.046, 0.051, 0.057, 0.026, 0.023, 0.015, 0.017, 0.013, 0.022, 0.046, 0.031, 0.039, 0.04, 0.034, 0.022, 0.015, 0.024, 0.009, 0.009, 0.016, 0.017, 0.035, 0.03, 0.022, 0.03, 0.013, 0.015, 0.078, 0.018, 0.017, 0.016)$$

步骤 5.根据步骤 4 得到的加权系数, 即可确定加权灰色关联决策矩阵R'

步骤 6.以 2013 年北京市为例, 计算灰色关联投影值 $D_1 = \|A_1\| \cdot \cos \theta_1 = \frac{0.038}{0.196} = 0.193$, 则 2013 年 30 个省份的投影值为:

$$D_{2013} = (0.193, 0.189, 0.177, 0.176, 0.177, 0.179, 0.183, 0.179, 0.187, 0.180, 0.183, 0.181, 0.184, 0.183, 0.177, 0.177, 0.182, 0.181, 0.180, 0.183, 0.189, 0.185, 0.181, 0.180, 0.182, 0.181, 0.181, 0.185, 0.179, 0.178)$$

同理, 对于 2014、2015、2016、2017 年的决策方案在理想方案上投影值为:

$$D_{2014} = (0.193, 0.190, 0.179, 0.177, 0.179, 0.181, 0.184, 0.180, 0.189, 0.182, 0.185, 0.182, 0.185, 0.184, 0.179, 0.179, 0.183, 0.183, 0.182, 0.184, 0.191, 0.186, 0.182, 0.177, 0.184, 0.182, 0.183, 0.187, 0.180, 0.179)$$

$$D_{2015} = (0.194, 0.190, 0.180, 0.178, 0.179, 0.181, 0.185, 0.181, 0.190, 0.183, 0.185, 0.183, 0.186, 0.184, 0.179, 0.180, 0.184, 0.183, 0.183, 0.186, 0.191, 0.187, 0.183, 0.183, 0.185, 0.183, 0.183, 0.188, 0.181, 0.18)$$

$$D_{2016} = (0.193, 0.190, 0.179, 0.178, 0.179, 0.181, 0.184, 0.181, 0.189, 0.182, 0.185, 0.183, 0.186, 0.184, 0.179, 0.179, 0.183, 0.183, 0.182, 0.185, 0.190, 0.187, 0.183, 0.182, 0.184, 0.183, 0.183, 0.187, 0.180, 0.180)$$

$$D_{2017} = (0.195, 0.191, 0.181, 0.179, 0.182, 0.183, 0.187, 0.183, 0.190, 0.184, 0.187, 0.182, 0.188, 0.185, 0.182, 0.184, 0.186, 0.186, 0.184, 0.186, 0.191, 0.188, 0.181, 0.183, 0.185, 0.185, 0.185, 0.187, 0.182, 0.181)$$

为了更客观的评价各省份的生态文明建设发展水平, 对同一地区不同年份的投影值取平均值, 见表 2。

$$\bar{D} = (0.1935, 0.1899, 0.1791, 0.1778, 0.1792, 0.1809, 0.1845, 0.1810, 0.1889, 0.1823, 0.1850, 0.1821, 0.1861, 0.1841, 0.1792, 0.1800, 0.1835, 0.1832, 0.1822, 0.1848, 0.1904, 0.1867, 0.1821, 0.1809, 0.1841, 0.1827, 0.1830, 0.1867, 0.1803, 0.1797)$$

表 3.全国生态文明建设的灰色关联平均投影值及排名

省份	平均投影值	排名	省份	平均投影值	排名	省份	平均投影值	排名
北京	0.1935	1	浙江	0.1850	8	海南	0.1904	2
天津	0.1899	3	安徽	0.1821	20	重庆	0.1867	6
河北	0.1791	29	福建	0.1861	7	四川	0.1821	19
山西	0.1778	30	江西	0.1841	11	贵州	0.1809	23
内蒙古	0.1792	27	山东	0.1792	28	云南	0.1841	12
辽宁	0.1809	22	河南	0.1800	25	陕西	0.1827	16
吉林	0.1845	10	湖北	0.1835	13	甘肃	0.1830	15
黑龙江	0.1810	21	湖南	0.1832	14	青海	0.1867	5
上海	0.1889	4	广东	0.1822	18	宁夏	0.1803	24
江苏	0.1823	17	广西	0.1848	9	新疆	0.1797	26

通过比较表 3 中平均投影值的大小,可以看出,2013-2017 年期间,北京市生态文明建设水平最高,其平均投影值为 0.1935;山西省生态文明建设处于倒数第一位,其平均投影值是 0.1778,与北京市的平均投影值相差 0.0157。总体来看,五年内我国 30 个省份的生态文明建设状况各有差异。在生态环境建设方面,广西、青海、云南、四川等西部省份排名靠前,陕西、吉林、辽宁、海南和黑龙江等省份则排名靠后;在生态经济发展方面,北京、天津、江苏、上海、浙江等经济发达地区表现较好,河北、广西、海南、青海和新疆等经济相对落后地区表现欠佳;在生态文化宣传方面,北京、上海、浙江、江苏等经济发达地区排名领先,辽宁、陕西、河南、湖南、河北等省份则排名靠后。

主动建设行为相对积极,主要集中在东部沿海地区,包括江苏、浙江、上海、广东、陕西、湖南、重庆、安徽 8 个省份,这些省份的生态文明建设成效在全国处于领先地位。以下省份生态环境现状欠佳,但主动建设行为相对积极,包括北京、天津、宁夏、湖北、山东、河南、青海 7 个省份。这些省份虽然生态环境基础较为薄弱,但在生态文明建设过程中付出了比其他省份更大的努力。以下省份生态环境现状相对较差,主动建设行为也相对落后,主要集中在东北地区 and 西部地区,包括河北、山西、辽宁、黑龙江、四川、新疆、甘肃、吉林 8 个省份。这些省份的生态环境状况与生态文明建设力度在全国处于全面落后状态,应将其列为重点关注对象,这类省份应加大对生态环境保护与建设的投入,采取更强的力度加快推进经济、政治、文化与社会的生态化进程,逐步从根本上改善地区的生态环境状况。以下省份生态环境现状优良,但主动建设行为相对落后,主要集中在西南内陆地区和南部沿海地区,包括内蒙古、山东、江西、广西、贵州、云南 6 个省份。这些省份的生态环境状况虽然在全国相对领先,但其在生态文明建设过程中的投入还相对不足。

IV. 结论

生态文明建设评价指标体系的构建不仅可以用来评价地区生态文明建设状况,还可以科学引导不同地区未来生态文明建设的重点方向。根据灰色关联投影值得到的排名并不是构建生态文明建设评价指标体系的最终目的,找出各省份在建设过程中存在的问题更加重要。

从整体上来看,我国东部省份的生态文明建设的平均水平高于中部地区,中部地区又高于西部地区。排名最后的山西省,应加强对生态环境的保护而不是一味地发展经济而破坏环境;排名倒数第四的新疆,其重点短

板在于物质文明生态化方面,如新疆的资源与能源使用效率低下,土地的集约化程度仅为上海的十分之一,能源利用效率仅为北京的五分之一,提高资源与能源的经济产出效率成为新疆生态文明建设下一步的重点方向。这类省份应加大对生态环境保护与建设的投入,采取更强的力度加快推进经济、政治、文化与社会的生态化进程,逐步从根本上改善地区的生态环境状况。

致谢

本文获得国家自然科学基金地区项目(71861003)和 2017 年度第二批贵州省基础研究计划(软科学类别)项目“贵州大数据产业集聚效应及金融支持体系研究”(黔科合基础(2017)1516-1)资助。

参考文献

- [1] Magdoff F. Ecological civilization [J]. Monthly Review-an independent Socialist Magazine, 2011, 62(8):1-25.
- [2] United Nations Department of Economic and Social Affairs. Indicators of sustainable development: Guidelines and methodologies [M]. Third Edition. New York: United Nations, 2007: 39-85..
- [3] 杜宇,刘俊昌.生态文明建设评价指标体系研究[J].科学管理研究,2009(3):60-63.
- [4] 林震,双志敏.省会城市生态文明建设评价指标体系比较研究——以贵阳市、杭州市和南京市为例[J].北京航空航天大学学报(社会科学版),2014,27(05):22-28.
- [5] 王然.中国省域生态文明评价指标体系构建与实证研究[D].中国地质大学,2016.
- [6] 张欢,成金华,冯银,陈丹,倪琳,孙涵.特大型城市生态文明建设评价指标体系及应用——以武汉市为例[J].生态学报,2015,35(02):547-556.
- [7] 杜宇,刘俊昌.生态文明建设评价指标体系研究[J].科学管理研究,2009(3):60-63.
- [8] 朱玉林,李明杰,刘旖.基于灰色关联度的城市生态文明程度综合评价——以长株潭城市群为例[J].中南林业科技大学学报(社会科学版),2010,4(05):77-80..
- [9] 林震,双志敏.省会城市生态文明建设评价指标体系比较研究——以贵阳市、杭州市和南京市为例[J].北京航空航天大学学报(社会科学版),2014,27(05):22-28.
- [10] 陈洪,肖蓬,陈鹏.基于百度指数的艾滋病疫情时空分析[J].福建师范大学学报(自然科学版),2016,32(03):14-18.
- [11] 朱华晟,丁玥,方明.我国农民工返乡创业关注度的空间格局——基于 2011—2014 年百度指数的分析[J].改革与战略,2016,32(04):87-92.
- [12] 姜文杰,赖一飞,王恺.基于百度指数的房地产价格相关性研究[J].统计与决策,2016(02):90-93.
- [13] 张目,周宗放.基于灰关联投影寻踪的企业信用评估模型[J].统计与决策,2009(21):35-37.
- [14] 张目,周宗放.基于多目标规划和支持向量机的企业信用评估模型[J].中国软科学,2009(04):185-190.