

资源型地区生态系统与经济发展耦合协调及预测研究 ——以山西省为例

梁秀琴*

(山西财经大学资源环境学院, 山西太原 030006)

摘要 资源型地区是我国能源供给的先锋,在我国建设过程中占据举足轻重的战略位置。本文以资源型地区——山西省为研究对象,运用熵值法、耦合协调度模型及灰色预测模型动态测算该省 2011 - 2010 年生态系统与经济协调水平及其后三年发展趋势。结果表明:研究期间山西省生态系统与经济发展指数大致为上升趋势,但生态系统指数波动幅度较为明显,尤其 2020 年下降幅度较大;两系统间的耦合协调度在波动中稳步前进,向优质耦合协调发展,于 2018 年达到最大值,但后续出现回落趋势。灰色预测结果显示,2021 - 2023 年间耦合协调度全部处于优质耦合协调状态,基本延续前 10 年的上升趋势。研究结果可为资源型地区生态系统与经济协调发展的协调发展提供有益借鉴。

关键词 生态系统 经济 耦合协调模型 灰色预测模型

1 引言

目前,我国经济已经进入高质量发展的新动向。自然生态系统为人类生存和发展提供了强大的物质基础^[1],并且通过多种方式转化为经济价值,但在此过程中或多或少对生态系统产生不利影响,如何促进生态系统与经济可持续发展成为我们关注的方面。近年来,众多学者不断深入对两系统的研究。

资源型地区在我国历史发展进程中发挥关键作用,为我国经济蓬勃发展做出巨大贡献。因此,探究资源型地区生态系统与经济协调发展的关系很有必要。本文以资源大省山西省为例进行研究,在长期的历史发展过程中,该省第二产业对经济发展的贡献较大,但经济发展的代价是牺牲生态环境。例如发布的《2020 年中国生态环境状况公报》显示,20 个环境空气质量较差城市中山西省就有 5 个。综上所述,促进山西省生态系统与经济协调发展的良性运行及预测其发展态势已经成为迫在眉睫的议题。本文通过建立生态系统与经济协调发展的指标体系,使用耦合协调度和灰色预测模型对山西省两系统的发展进行分析及预测,研究结果可为山西省及类似地区的绿色发展提供参考借鉴。

2 研究区概况

山西省位于太行山西部,简称“晋”,太原市为其省会。总面积 15.67 万平方公里,其 80% 以上的区域为山区,下辖 11 个地级市,119 个县级行政单位。山西省属于暖温带、中温带大陆性气候,年平均气温在 -4° 至 14° C 之间。山西矿产资源丰富,经济发展依托第二产业和第三产业,近年来经济快速发展的同时给生态系统产生不利影响。山西省在 2013 年有 10 个城市被定为资源型城市,促进经济发展与生态系统协调发展成为当前我们着重关注的问题。

* 作者简介:梁秀琴,女,硕士研究生,从事的研究领域为生态环境管理;E-mail:lxqzt1005@163.com。

3 研究数据及方法

3.1 数据来源

本文所用的统计数据均来源于2012—2021年的《山西省统计年鉴》，对于其中缺失的部分数据，采用加权平均法进行补齐。

3.2 指标及权重计算

3.2.1 指标体系构建

本文指标体系以多层次、全方位和科学性原则为基础，主要从两大系统、七大方面进行构建。其中生态系统包括生态压力、生态保护和生态资源；经济发展包括城乡发展、对外依赖、经济规模和社会保障。

3.2.2 权重计算

本文权重主要通过熵值法进行测算。数据首先进行标准化处理，因为评价指标的量纲不同，难以直接进行计算，所以本文呢选择极差标准化进行处理。其次，在标准化运算结束后再进行归一化处理，然后计算指标j的信息熵值和差异系数，最终测算出权重。

$$E_j = -\ln m^{-1} \sum_{i=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} \quad (1)$$

$$K_j = 1 - E_j \quad (2)$$

$$W_j = K_j / \sum_{i=1}^m K_j \quad (3)$$

式中， E_j 是第j项指标的信息熵值， m 代表年份数， P_{ij} 是第j项指标第i年的归一值， K_j 为第j项指标的差异系数， W_j 是第j项指标的权重。表1为两系统的指标及权重。

表1 生态系统与经济发展评价指标体系

目标层	准则层	指标层	性质	权重
生态系统	生态压力	二氧化硫排放量(万吨)	负	0.162
		废水排放量(亿立方米)	负	0.155
		废气排放量(亿立方米)	负	0.052
	生态保护	污染治理施工数(次)	正	0.141
		工业固体废物综合利用率(%)	正	0.064
		环境治理投入程度(%)	正	0.226
生态资源	森林覆盖率(%)	正	0.200	
经济发展	城乡发展	城乡居民人均收入比(农民=1)	负	0.120
		城乡居民人均支出比(农民=1)	负	0.088
	对外依赖	进出口总额(万美元)	正	0.225
	经济规模	人均地区生产总值(元)	正	0.156
		第三产业比重(%)	正	0.089
	社会保障	人均社会消费品零售额(元)	正	0.085
		教育投入程度(%)	正	0.091
每千人拥有医院床位数(张)		正	0.146	

3.3 耦合协调模型

耦合度用于表示两个或两个以上系统之间相互依存、相互影响的强弱，而耦合协调度能够有效地反映生态系统与经济协调运行情况，生态系统与居民福祉的耦合协调度模型公式如下：

$$C = \left\{ \frac{S(x) \times G(y)}{[0.5S(x) + 0.5G(y)]^2} \right\}^k \tag{4}$$

$$T = aS(x) + bG(y) \tag{5}$$

$$D = \sqrt{C \times T} \tag{6}$$

式中： C 为两系统的耦合度，取值区间为 $[0, 1]$ 。 $S_{(x)}$ 为生态系统服务综合指数， $G_{(y)}$ 为居民福祉综合指数。 T 为生态系统与经济发展综合协调指数， a 、 b 分别为两系统的待定权属，本文考虑到两系统在社会发展中具有相同重要性，故 $a = b = 0.5$ ； D 为耦合协调度，取值区间为 $[0, 1]$ ， D 值越趋向于1，则说明生态系统与经济发展之间的协调发展度越高。关于耦合协调状态及类型的划分，结合山西省实际情况，参考杨秀平的协调度等级划分原则，将生态系统与经济发展耦合协调度划分为10类，具体划分类型如表2所示。

表2 耦合协调发展类型及阶段

耦合协调度	发展类型	耦合协调度	发展类型
$0 \leq D < 0.1$	极度失调	$0.5 \leq D < 0.6$	勉强耦合协调
$0.1 \leq D < 0.2$	严重失调	$0.6 \leq D < 0.7$	初级耦合协调
$0.2 \leq D < 0.3$	中度失调	$0.7 \leq D < 0.8$	中级耦合协调
$0.3 \leq D < 0.4$	轻度失调	$0.8 \leq D < 0.9$	良好耦合协调
$0.4 \leq D < 0.5$	濒临失调	$0.9 \leq D \leq 1.0$	优质耦合协调

3.4 灰色预测模型

灰色预测模型是指通过少量的、不完全的信息，建立灰色微分预测模型，对事物发展规律作出模糊性的长期描述。本文通过灰色预测模型对2021-2023年山西省生态系统与经济发展状况进行预测，并且通过后残差检验对预测结果进行模型精度检验。

4 结果分析

4.1 生态系统与经济协调发展的耦合协调规律

通过山西省生态系统和经济发展的相关指标数据，利用耦合协调模型计算得到两系统的协调发展状况（表3和图1），进而对2011-2020年间山西省生态系统与经济发展的协调特征进行分析。

结合表3和图1可知，在研究期间，山西省生态系统指数波动幅度较大，但整体状态趋于良好。具体而言，生态系统指数最低年份为2012年（0.21），最高的年份为2019年（0.71），在2020年又出现大幅下降。表明研究后期，山西省生态系统治理恢复的力度有所减小，仍需要对山西省生态系统的发展给予更多的关注与投入。研究期内山西省经济发展指数呈现不断上升的趋势。2011为最低值（0.05），2020年为最高值（0.85），增长了16倍左右，特别是在2017年后增速更为明显，表明山西省经济进入新的发展时期，十八大及十九大等会议的召开为山西经济社会发展注入信心和力量。

关于耦合协调度，山西省两系统之间不断向协调水平发展，整体上耦合协调度表现为“上

升-下降-上升-下降”的时序耦合特征,说明研究期间内山西省两大系统耦合协调发展处于非平稳性发展。具体来说,2011年耦合协调度处于最低状态(0.19),2018年处于最高值(0.85),但于2019年开始出现下降的现象,到2020年降幅约为11%。这主要因为虽然经济指数有所上升,但生态系统指数大幅减小,进而难免影响到耦合协调度;同时也反映出两系统在近期出现逆向发展的趋势,在今后发展过程中对生态系统的良性运行及经济可持续发展应加大其关注度。要想遏制这一现象,必须认真落实“新发展理念”,早日建设成为资源型地区绿色发展的典型区域,促进山西省两系统的协调有序发展。总体来说,近年来山西生态系统与经济协调发展的协调度取得一定成绩,但是资源节约、减少污染和综合治理依旧是山西经济社会两系统协调发展的主要问题,未来仍需要在上述几个方面提高关注。

表3 2011—2020年山西省生态系统与经济发展耦合协调度

时间	生态系统指数	经济发展指数	耦合度(C)	耦合协调度(D)	协调等级
2011	0.43	0.05	0.15	0.19	严重失调
2012	0.21	0.16	0.96	0.42	轻度失调
2013	0.40	0.27	0.92	0.55	勉强耦合协调
2014	0.28	0.39	0.95	0.56	勉强耦合协调
2015	0.29	0.47	0.90	0.59	勉强耦合协调
2016	0.44	0.52	0.99	0.69	初级耦合协调
2017	0.69	0.56	0.98	0.78	中级耦合协调
2018	0.70	0.74	0.99	0.85	良好耦合协调
2019	0.71	0.73	1.00	0.84	良好耦合协调
2020	0.48	0.85	0.85	0.76	中级耦合协调

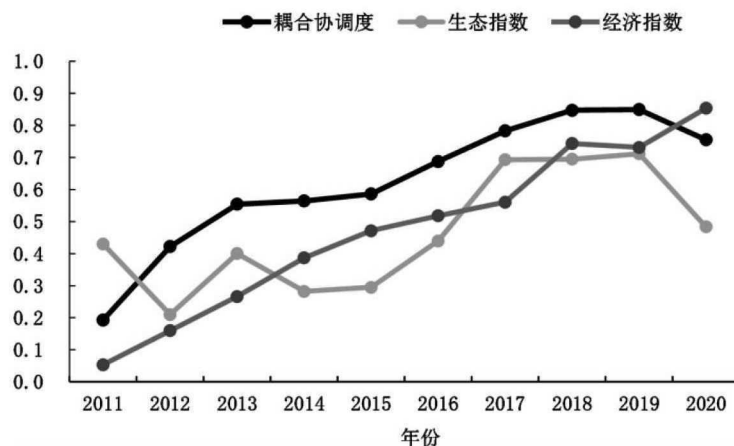


图1 2011—2020年耦合协调度变化趋势图

4.2 灰色预测结果

选择2011—2020年耦合协调度数据,运用灰色预测模型,对未来2021—2023年山西省生态系统与经济发展耦合协调情况进行预测(表4),根据灰色预测精度检验等级划分(表5),所有参数后验差检验比值C均处于0.35以下,说明预测精度为好,预测值有较高可信度。灰色预测结果显示未来三年内山西省生态系统及经济发展耦合度基本为上升趋势,生态系统与经济协调发展的耦合协调度全部处于优质耦合协调状态,这说明未来三年内山西省两系统发展持续趋于协调,按

照目前生态文明及经济发展政策的路径实施是非常有必要的。

表 4 2021 - 2025 年山西省生态系统与经济发展耦合协调预测

时间	耦合度 (C)	精度检验	耦合协调度 (D)	精度检验	协调等级
2021	0.94		0.90		优质耦合协调
2022	0.94	0.25	0.93	0.18	优质耦合协调
2023	0.95		0.98		优质耦合协调

表 5 灰色预测精度检验等级划分

后残差比	<0.35	<0.5	<0.65	≥0.65
精度等级	好	合格	勉强	不合格

5 结论及建议

5.1 结论

(1) 整体上看, 山西省生态系统与经济发展耦合协调状态持续向协调阶段迈进。在 2011 - 2020 年间, 生态系统指数、经济发展指数和耦合协调度基本呈现上升趋势。其中经济发展指数由 2011 年的 0.05 上升到 2020 年的 0.85, 呈持续上升状态; 生态系统指数有轻微波动, 由 2011 年 0.43 上升到 2019 年 0.71, 随后在 2020 年出现大幅下降, 由 0.71 下降到 0.48; 耦合协调度由 2011 年的 0.19 上升到 2020 年的 0.76, 在 2018 年出现最高值为 0.86, 整体处于良好发展状态。

(2) 灰色预测模型结果预测精度结果为好, 2021 - 2023 年间, 山西省生态系统与经济发展的耦合度全部接近于 1, 耦合协调度等级为优质耦合协调, 整体上基本延续前 10 年的上升趋势。

5.2 建议

(1) 政府要进一步完善制度体系建设, 提高政府能力, 制定适合本地生态系统和经济发展协调并行的政策制度或专项发展规划。在社会发展过程中, 经济发展的同时应更加关注生态系统的发展状况。在新发展理念的引领指导之下, 类似资源型地区应不断寻求创新绿色发展, 深入推进生态文明建设, 转变发展方式, 实现产业升级改造, 提升整体经济绿色质量, 找准劣势补齐短板, 促进经济、生态持续协调发展。

(2) 因地制宜发展绿色生态产业, 如生态农业、绿色工业、生态旅游、绿色服务业等, 不仅利于打造本地特色品牌并扩大其影响力, 而且可以提高经济实力、促进经济的绿色化, 实现地区生态和经济的一体化、平衡式发展; 另一方面应加大对生态系统的关注。在社会工农业、服务业等产业发展过程中, 注重资源的循环利用, 提高资源利用率, 并且积极进行环境整治的综合治理, 监管部门对相应的违规违法行为要严厉打击, 以此促进生态系统的维护。

(3) 努力建设形成资源节约型、环境友好型社会。政府应着力协调各部门大力宣传保护环境的重要性, 在全社会形成“资源节约、保护生态”的风尚, 推动形成绿色发展方式和生活方式。例如学校开设专门的生态环境教育课程, 组织保护自然等相关实践活动, 厚植学生环保意识; 也可以通过媒体网络等途径向公众传递生态保护的作用。同时环保部门应建立合适的奖励或惩罚机制, 从上到下激发企业、公民等群体的积极性, 助力生态系统的良性发展。

参考文献

[1] 苏胜亮. 宁夏回族自治区生态环境与经济发展耦合协调研究 [J]. 水土保持研究, 2021, 28 (02): 367

- 374.

- [2] 谢小飞, 马亚飞, 焦琳惠. 生态保护与经济高质量发展的耦合协调度及其影响因素分析 [J/OL]. 开发研究: 1-14.
- [3] 韩冬. 国家中心城市高质量发展与生态环境耦合协调度及空间格局演进研究 [J]. 生态经济, 2021, 37 (06): 158-164.
- [4] 杨秀平, 张大成, 刘利利, 贾云婷. 生态脆弱区新型城镇化与生态环境耦合协调性测度 [J]. 统计与决策, 2020 (15): 128-132.
- [5] 朱相君, 薛亮. 关中地区生态系统服务价值变化及其与经济发展耦合关系 [J/OL]. 生态学杂志: 1-10.
- [6] 崔晋生. 山西经济社会发展与自然生态协调状况分析 [J]. 经济问题, 2018 (08): 119-124.
- [7] 姜云璐, 曹月娥, 贺忠发, 宗亚飞, 何浩天, 赵敏, 许仲林. 基于灰色预测模型的昆仑山区土地利用时空变化研究——以和田地区为例 [J]. 安徽农业科学, 2022, 50 (01): 70-75.
- [8] 马慧强, 廉倩文, 韩增林, 弓志刚, 李哲. 基本公共服务—城镇化—区域经济耦合协调发展时空演化 [J]. 经济地理, 2020, 40 (05): 19-28. 陆利军, 李浪, 李成家, 黄翅勤, 苏圆. 省域国家森林公园网络关注度与旅游吸引力动态耦合协调关系 [J/OL]. 经济地理: 1-10.
- [9] 段奇芳. 生态文明视角下山西资源型经济转型发展路径研究 [J]. 北方经济, 2022 (02): 73-76.