

引文格式: 程振博, 彭一龙. 河南省生态文明综合评价——基于熵值法与耦合协调度模型[J]. 云南农业大学学报(社会科学), 2023, 17(3): 135–141. DOI: [10.12371/j.ynau\(s\).202211137](https://doi.org/10.12371/j.ynau(s).202211137).

河南省生态文明综合评价

——基于熵值法与耦合协调度模型

程振博¹, 彭一龙^{2*}

(1. 云南农业大学 经济管理学院, 云南 昆明 650201; 2. 清迈大学 理学院, 清迈 50200)

摘要: 本文以经济发展、生态环境、社会进步作为三个子系统并选取 15 项指标来构建河南省生态文明综合评价指标体系, 运用熵值法对 2011—2020 年河南省生态文明发展进行评价分析, 最后通过构建耦合协调度模型对河南省生态文明各子系统的耦合度和耦合协调度进行定量分析和具体归类。结果表明: 2011—2012 年河南省生态文明各子系统处于基本耦合阶段, 其他年份均处于高度耦合阶段。总体上看, 2011—2020 年河南省生态文明各子系统之间的耦合协调度呈现出上升的趋势, 但整体耦合协调度仍然偏低。研究结果可以为河南省未来的生态经济高质量发展以及政策的制定提供实证支持和政策意见。

关键词: 生态文明; 熵值法; 耦合协调

中图分类号: F 062.2 文献标识码: A 文章编号: 1004–390X (2023) 03–0135–07

Comprehensive Evaluation of Ecological Civilization in Henan Province: Based on Entropy Method and Coupling Coordination Degree Model

CHENG Zhenbo¹, PENG Yilong²

(1. College of Economics and Management, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;

2. Faculty of Science, ChiangMai University, ChiangMai 50200, Thailand)

Abstract: In this paper, economic development, ecological environment and social progress were taken as three subsystems and 15 indicators were selected to construct a comprehensive evaluation index system of ecological civilization in Henan Province. The entropy method was used to evaluate and analyze the development of ecological civilization in Henan Province from 2011 to 2020. Finally, the coupling degree and coupling degree of each subsystem of ecological civilization in Henan Province were quantitatively analyzed and classified by constructing coupling coordination degree model. The results showed that the subsystems of ecological civilization in Henan Province were in the basic coupling stage in 2011—2012, and were in the highly coupling stage in other years. On the whole, the coupling coordination degree among all subsystems of ecological civilization in Henan Province showed an increasing trend during 2011—2020, but the overall coupling coordination de-

收稿日期: 2022–11–29

修回日期: 2023–02–10

基金项目: 第十五届学生科技创新创业行动基金项目“设施农业模式下云南果蔬绿色食品品牌的打造研究”(2022XWKY005); 第十五届学生科技创新创业行动基金项目“基于绿色经济理念云南省新能源可持续发展环境调查研究”(2022XWKY006)。

作者简介: 程振博(1999—), 男, 河南周口人, 硕士研究生, 主要从事区域经济管理研究。

* 通信作者: 彭一龙(2001—), 男, 云南昆明人, 主要从事环境科学研究。



gree was still low. The research results can provided empirical support and policy advice for the future high-quality development of ecological economy and policy formulation in Henan Province.

Keywords: ecological civilization; entropy method; coupling coordination

党的二十大报告再次指明了生态文明建设的重要意义。生态文明建设是社会进步和经济发展的必然要求,是实现中华民族伟大复兴的根本保障^[1]。随着人们对生态文明建设理念的不断深入和一系列关于生态文明建设的纲领性文件的发布,关于生态文明建设的相关研究引起了学术界诸多学者和专家的广泛关注。

在国家层面,张玲等构建资源能源、环境保护、生态科技、生态经济和生态精神文明 5 个子系统的生态文明建设绩效评价体系,研究论证中国的生态文明建设绩效^[2]。在省域层面,于欣鑫等基于 DPSIRM 模型探究长江经济带 11 个省份在 2004—2017 年的时空演变趋势^[3]。宓泽锋等将熵权 TOPSIS 方法与协调度模型相结合,并以省域生态文明建设的内涵为基础,建立了评估指标体系并对其生态文明建设进行了研究^[4]。黄茂兴等以福建省为研究对象,建立了 2008—2018 年福建省新型城市化与生态文明建设的耦合协同发展模式^[5]。郭岩等分别以因子分析法和 SPSS19.0 软件作为研究方法和数据分析工具来评价研究黑龙江省地方政府对生态文明建设的重视程度^[6]。在市域层面,孙钰等以均方差决策法、耦合协调度模型、探索性空间数据分析(ESDA)定量分析京津冀 13 市 2007—2016 年生态文明与城市化的耦合协调关系及其变化规律^[7]。郭珊珊等基于生态文明大背景下从土地集约利用度的角度出发,运用文献分析法和综合指数法来研究 2000—2010 年的郑州市生态文明建设^[8]。吴耀等从生态效率、生态意识、生态环境和社会发展四个维度构建生态文明评价体系,并运用 TOPSIS 法对苏南五市分别展开纵向和横向对比分析,研究为苏南五市生态文明建设科学布局、合理制定解决方案提供了理论依据^[9]。在县域层面,赵好战和成金华等人分别用层次分析法和熵权法对不同县域生态文明做出了不同方面的研究与评价^[10-11]。

通过对以上文献研究的梳理可知,在全国、省域、市域及县域等不同层面都涵盖有生态文明建设方面的研究。各位专家和学者所采用的研究方法有熵权 TOPSIS 法、层次分析法、因子分析

法、均方差决策法、综合指数法等,但是相关文章对河南省生态文明建设综合评价方面的研究并不多。本文在已有研究的基础上,结合河南省发展的历史轨迹和当前现状,运用熵值法和耦合协调度模型计算得出河南省生态文明建设和各子系统的综合发展指数以及河南省生态文明不同年份的各子系统之间的耦合度和耦合协调度,进而综合评价河南省生态文明发展水平,对已有的研究成果进行检验和补充。

一、研究方法与数据来源

(一) 建立指标体系

本文在已有研究的基础之上,立足于河南省生态文明建设的实际发展情况,从经济发展、生态环境和社会进步三个维度构建了 15 项具体指标组成的河南省生态文明建设综合评价指标体系,如表 1 所示。

(二) 熵值法

由于选取的经济发展、生态环境、社会进步这三个子系统下的 15 项评价指标的原始数据的单

表 1 河南省生态文明建设评价指标体系及指标权重

| 子系统 | 评价指标 | 指标属性 | 权重 |
|------|-----------------------------|------|-------|
| 经济发展 | 人均生产总值/(元·人 ⁻¹) | + | 0.070 |
| | 第三产业贡献率/% | + | 0.085 |
| | 进出口贸易总额/亿元 | + | 0.042 |
| | 社会消费品零售总额/亿元 | + | 0.065 |
| 生态环境 | 废水排放总量/千万t | - | 0.043 |
| | 工业固体废物综合利用率/% | + | 0.057 |
| | 生活垃圾无害化处理率/% | + | 0.055 |
| | 森林覆盖率/% | + | 0.041 |
| | 二氧化硫排放量/万t | - | 0.110 |
| | 氮氧化物排放量/万t | - | 0.089 |
| 社会进步 | 农村自来水普及率/% | + | 0.080 |
| | 卫生机构床位数/万张 | + | 0.058 |
| | 民用汽车拥有量/万辆 | + | 0.072 |
| | 人均预期寿命/岁 | + | 0.071 |
| | 每万人大学生人数/个 | + | 0.070 |

位和属性都各不相同,为了消除以上外在因素对计算结果造成偏差或者影响,我们首先对各项指标的原始数值进行标准化处理,这样处理过后的数值在性质上也即由原来的绝对性转化为相对性,从而使得各项指标之间的数值更具有可比性。

第一步:

$$\text{正向指标: } Y_{ij} = \frac{X_{ij} - \min X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}} \quad (1)$$

$$\text{负向指标: } Y_{ij} = \frac{\max X_{ij} - X_{ij}}{\max X_{ij} - \min X_{ij}} \quad (2)$$

式(1)(2)中: X_{ij} 为原始数据,即 i ($i=1,2,3,\dots,m$) 样本中的第 j ($j=1,2,3,\dots,n$) 个指标。 Y_{ij} 表示各项指标的数值标准化后的数据,取值范围在 $[0,1]$ 之间。

第二步:

$$H_{ij} = Y_{ij} + c \quad (3)$$

式(3)中: H_{ij} 表示平移后的数据,由于在计算信息熵时需要用到对数公式,这就需要对已进行过标准化处理过后的数据再进行适当处理,从而使得处理过后的数据保证为正数,因此对标准化处理过后的数据进行 0.1 的平移处理,其中 c 取一个略大于 0 的正数,在此取 0.1。

第三步:

$$P_{ij} = \frac{H_{ij}}{\sum_{i=1}^m H_{ij}} (0 \leq P_{ij} \leq 1) \quad (4)$$

式(4)中: P_{ij} 表示第 j 项指标下第 i 个样本所占的比率。

第四步:

$$E_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m P_{ij} \ln P_{ij} (0 \leq E_j \leq 1) \quad (5)$$

式(5)中: E_j 表示第 j 项指标的信息熵。

第五步:

$$D_j = 1 - E_j \quad (6)$$

式(6)中: D_j 表示第 j 项指标的差异性系数。

第六步:

$$W_j = \frac{D_j}{\sum_{j=1}^n D_j} \quad (7)$$

式(7)中: W_j 表示第 j 项指标的权重。

第七步:

$$U_i = \sum_{j=1}^n H_{ij} W_j \quad (8)$$

式(8)中: U_i 表示各样本的综合评价得分, n 代表指标数, U 值越大,综合得分越高,对评价结果越有利,各指标计算出的权重结果已列于表1中。

(三) 耦合协调度模型

在耦合模型之中,可以利用耦合度对各子系统之间的相互作用关系进行测度,以便研究各子系统之间的关联程度。本文则主要对河南省生态文明建设中的经济发展、生态环境、社会进步这三个子系统之间的相互协调情况进行综合评价与考察,三个子系统的耦合度计算公式如下:

$$C = 3^3 \sqrt{\frac{U_1 \times U_2 \times U_3}{U_1 + U_2 + U_3}} \quad (9)$$

$$T = \alpha U_1 + \beta U_2 + \gamma U_3 \quad (10)$$

$$D = \sqrt{CT} \quad (11)$$

式(9)(10)(11)中: C 为耦合度; T 为三个子系统的综合协调指数; D 为耦合协调度; U_1 是经济发展子系统的综合指数; U_2 是生态环境子系统的综合发展指数; U_3 是社会进步子系统的综合发展指数; $\alpha+\beta+\gamma=1$,考虑到经济发展、生态环境和社会进步三个子系统对生态文明建设同等重要,因此,本文 α 、 β 和 γ 均取 $1/3$ 。

(四) 数据来源

本文数据来源于《河南省统计年鉴》和《中国统计年鉴》。统计年份为 2011—2020 年,个别年份的评价指标有缺失的数据用均值法等方法经过适当计算得到。

二、结果与分析

(一) 河南省生态文明发展概况

近些年,河南省坚持“绿水青山就是金山银山”的生态建设理念,积极创建实践创新基地、国家生态文明建设示范区和省级生态县,形成了点面结合、互相交融的分布格局,这些成就使河南省生态文明建设水平得到了极大的提高^[12]。

1. 经济发展方面概况

2011—2020 年,河南省经济发展发生了飞跃式的变化。人均生产总值由 2011 年的 27901 元/人增长到 2020 年的 55435 元/人,十年间实现了翻倍的增幅。从总量上来看,河南省进出口贸易总额稳健增长,表现出经济发展势头依然强劲。第三产业贡献率在整个阶段不断增长,尤其在

2014—2016 年更是快速增长,说明随着第一产业、第二产业生产效率的提高,社会经济发展对第三产业的需求增长进一步加快,同时也表明河南省产业结构不断优化,由农业、工业主导性正在向服务业主导性慢慢转变。社会消费品零售总额 2011—2019 年一直是增长状态,到 2020 年稍有下降,可能是新型冠状病毒感染疫情突然暴发的原因导致社会消费品零售总额降低。河南省在 2011—2020 这十年期间,经济方面实现较大突破,各项指标数据变化趋势如图 1 所示。

2. 生态环境方面概况

生态环境是人们赖以生存、生产和生活的外在基本条件,生态环境的可持续发展对加强生态文明建设有着极为重大的意义。在 2011—2020 这十年期间,河南省的二氧化硫排放量从 2011 年的 137.05 万 t 减少到 2020 年的 6.68 万 t,平均每年减少 13 万 t 左右,氮氧化物排放量也得到了极大的控制和减少。这两项污染物的排放量大幅度减少说明河南省近些年减排工程措施不断扩大,减排效果非常显著。此外,在注重减少生态污染的同时,河南省加大生态保护和绿色规划的发展力度,生活垃圾无害化处理率每年都呈增长状态,到 2020 年已接近 100% 的效率。森林覆盖率除了在 2013 年稍有下降,其他年份都是处于不断增长阶段,其原因是 2013 年是河南省全面贯彻落实党的十八大精神的开局之年,为推动中原经济进入全面建设阶段下达了新的土地利用计划通知。但是,作为衡量生态环境优劣的两大重要指标:废水排放总量和工业固定废物综合利用率这两方面并没有得到实质性的减少和有效地提升,其原因

是随着城镇化速度加快,生活污水、工业废水和工业废物产生量不断增长,但河南省在废水处理设施和工业固定废物处理能力方面还不足以满足二者的庞大需求。总体来看,这些有效的生态绿色工作为河南省生态文明建设提供了强有力的支撑和保障,各项指标数据变化趋势如图 2 所示。

3. 社会进步方面概况

2011—2020 年,河南省社会各项事业都取得了跨越式进步。卫生机构床位数由 2011 年的 34.92 万张增长至 2020 年的 66.72 万张,医疗设施和医疗体系不断完善。民用汽车拥有量由 2011 年的 582.14 万辆增长到 2020 年的 1759.17 万辆,实现了近三倍的增幅,呈现高速增长态势。除此之外,河南省每万人大学生人数和农村自来水普及率在 2011—2020 都呈现出不断提升的趋势。尤其在教育方面,河南省教育厅近年来多举措并举增加投资建设高等教育院校,整合资源全力推动郑州大学、河南大学等在双一流建设中高质高量前进,力争更多学科进入双一流建设行列。河南省的人均预期寿命由 2010 年的 74.74 岁增长至 2020 年的 77.72 岁,人均预期寿命的提高不仅是河南省基础医疗设施不断完善、健康管理能力不断提高的写照,更是社会发展进步和人们生活水平显著提高的表现。由此可见,河南省的医疗、教育、交通和生活供水等基础设施条件显著提升,各项指标数据变化趋势如图 3 所示。

(二) 河南省生态文明发展综合测度与评价结果

根据河南省 2011—2020 年各项指标的统计数值,运用熵值法公式(1)~(8)计算得出三个子系统和生态文明建设总系统的综合发展指数,

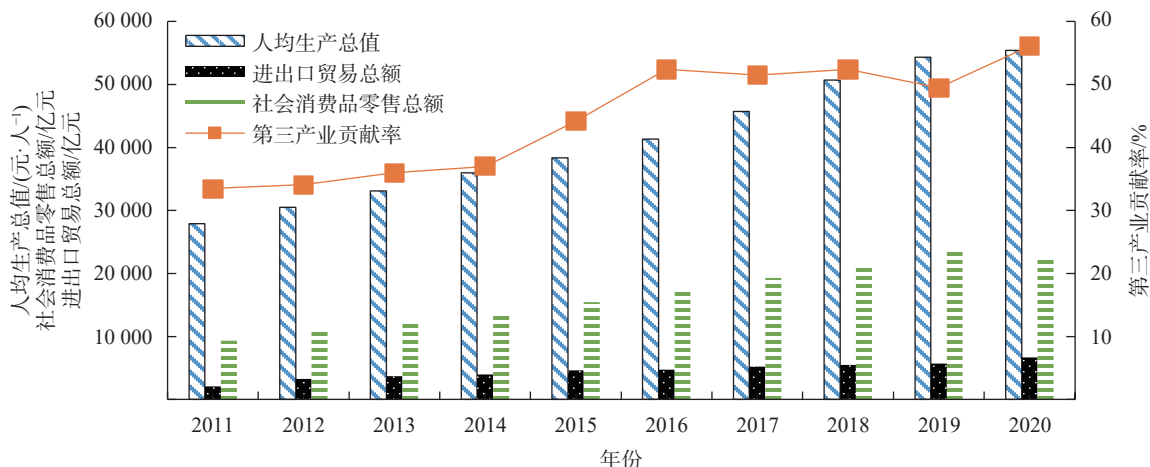


图 1 2011—2020 年河南省经济发展各项指标变化趋势

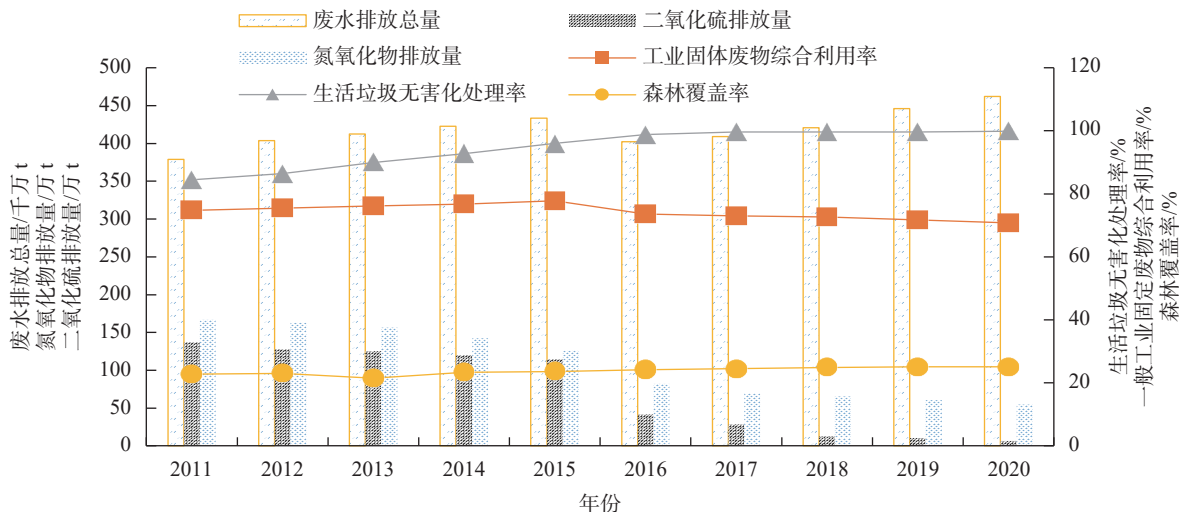


图2 2011—2020年河南省生态环境各项指标变化趋势

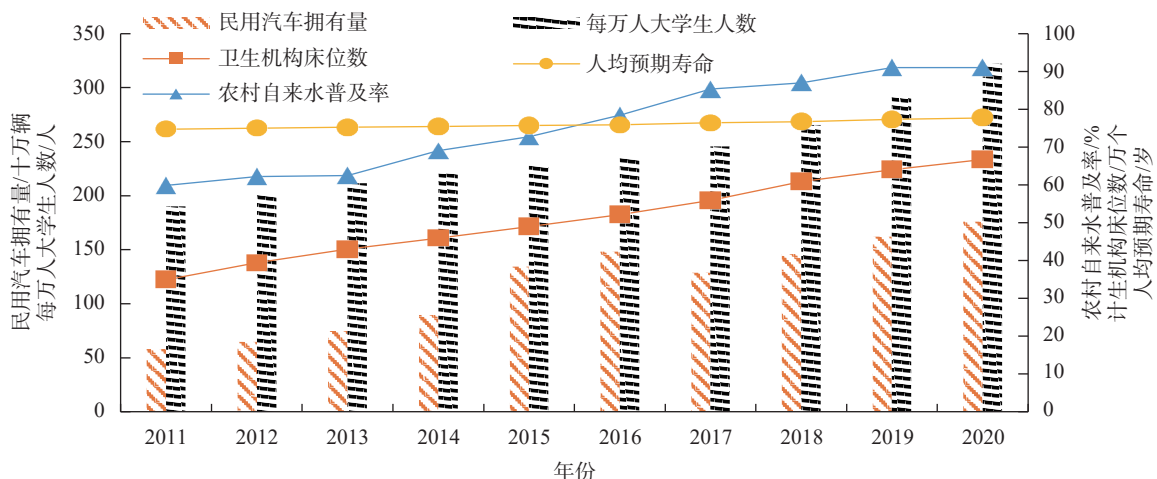


图3 2011—2020年河南省社会进步各项指标变化趋势

如图4所示。由图4可以看出,2011—2020年,除了生态环境指数在2018—2020年略有下降之外,经济发展、社会进步以及生态文明综合发展指数整体上都呈现出不断上升的趋势。2011—2020年河南省在重视经济发展的同时,在生态环

境的保护和发展上加大了投入的力度,这就促使河南省在经济发展、生态环境、社会进步三方面都得到了一定程度的改善和提高。2018—2020年,由于生态环境子系统中的废水排放总量和工业固体废物综合利用率这两项指标的数据并没有实现

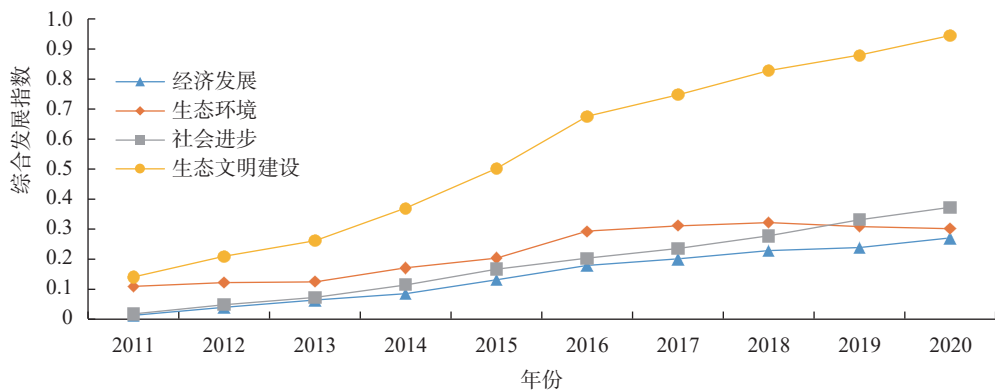


图4 2011—2020年河南省生态文明发展水平及各子系统综合发展指数

向正方向优化发展,因此造成了这两年生态环境指数的下降。通过比较三个子系统的综合发展指数能够看出,经济发展和社会进步的综合发展指数几乎呈同步上升趋势且在 2018 年之后开始高于生态环境的综合发展指数,表明在 2018 年之后,河南省生态文明的发展受到经济发展、生态环境和社会进步的制约因素不同,经济发展和社会进步对生态文明建设的限制因素较低,而生态环境带给生态文明建设的限制因素稍高。因此,河南省在未来生态文明建设中注重经济发展和社会进步的同时更要加强生态环境方面的规划。

(三) 耦合协调度分析

运用耦合协调度模型公式(9)~(11)可以计算得出 2011—2020 年河南省生态文明发展各子系统的耦合度和耦合协调度,耦合类型与协调类型划分标准参考北京大学马克思主义学院研究员张进财^[3]等,计算结果和划分类型如表 2 所示。

表 2 2011—2020 年河南省生态文明各子系统的耦合类型和协调类型

| 年份 | 耦合度 | 耦合类型 | 耦合协调度 | 协调类型 |
|------|-------|------|-------|------|
| 2011 | 0.842 | 基本耦合 | 0.172 | 严重失调 |
| 2012 | 0.880 | 基本耦合 | 0.248 | 严重失调 |
| 2013 | 0.958 | 高度耦合 | 0.289 | 中度失调 |
| 2014 | 0.959 | 高度耦合 | 0.344 | 中度失调 |
| 2015 | 0.984 | 高度耦合 | 0.406 | 轻度失调 |
| 2016 | 0.978 | 高度耦合 | 0.469 | 濒临失调 |
| 2017 | 0.984 | 高度耦合 | 0.495 | 濒临协调 |
| 2018 | 0.990 | 高度耦合 | 0.523 | 濒临协调 |
| 2019 | 0.990 | 高度耦合 | 0.539 | 濒临协调 |
| 2020 | 0.991 | 高度耦合 | 0.558 | 勉强协调 |

根据耦合协调度模型可知,耦合度和耦合协调度的计算数值在 0~1 以内。当耦合程度越接近 1 时,说明三个子系统间的耦合程度愈高。当耦合协调度越接近 1 时,说明三个子系统间的耦合协调度愈高。在这一理论基础上,将耦合程度与耦合协调度分别进行了分类,并给出了具体数值相对应的耦合程度类型和耦合协调度类型,各数值对应的耦合度和耦合协调度类型如表 2。

由图 5 可以看出,2011—2020 年,耦合度不断上升,由 2011 年的 0.842 上升到 2020 年的 0.991。可分为两个阶段:(1) 2011—2012 年属于基本耦合阶段,此时经济发展、生态环境与社会进步三个子系统还处于动态融合状态;(2) 2013—2020 年已逐渐迈入高度耦合阶段,此时说明经济发展、生态环境与社会进步三个子系统已处于较为紧密的状态。在 2011—2020 年期间,河南省生态文明建设中的各子系统的耦合协调度一直呈现上升的趋势,2017—2019 年已经稳定处于濒临失调阶段,直到 2020 年才迈入勉强协调阶段,但整体上耦合协调度仍然偏低。

三、结论

本文从经济发展、生态环境、社会进步三个维度共选取 15 项评价指标来构建河南省生态文明综合评价指标体系,运用熵值法对 2011—2020 年河南省生态文明发展水平进行综合分析与评价,并通过构建耦合协调度模型对生态文明各子系统的耦合度和耦合协调度进行定量分析和具体归类,获得结论如下:

(1) 2011—2020 年,河南省在经济发展方面实现了大幅度提升,产业和经济结构不断优化;生态环境方面取得了令人瞩目的新成效,生态污

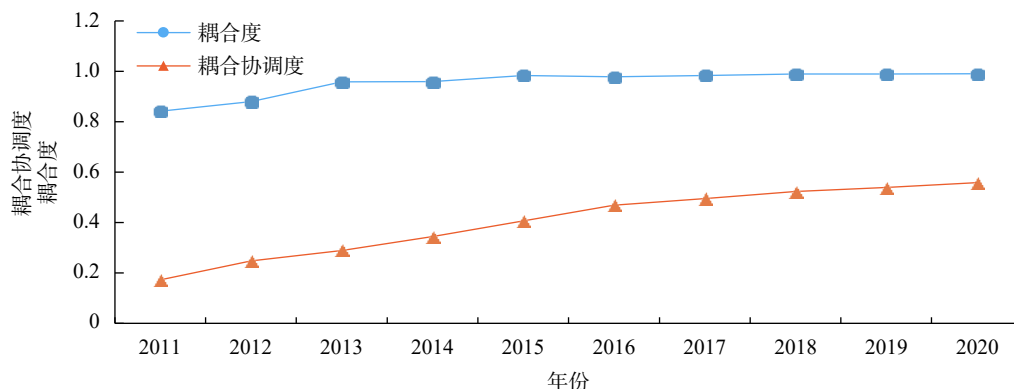


图 5 2011—2020 年河南省生态文明建设各子系统的耦合度和耦合协调度

染不仅得到了极大的控制和改善,而且河南省政府近年来不断加强生态保护和绿色发展的投资力度;社会各项事业方面也取得了长足的进步,医疗、教育等服务方面在不断巩固完善。因此,河南省生态文明建设已跃升到一个新的台阶。

(2) 2011—2020年,由熵值法计算得出:河南省生态文明及各子系统的综合发展指数整体上在时间维度上呈现上升趋势。细分为两个阶段:在2011—2018年期间,河南省生态文明发展水平受经济发展、生态环境和社会进步三者的限制因素程度几乎是一样的。但是2018—2020年,河南省生态文明发展水平受经济发展、生态环境的限制因素要低于受生态环境的限制因素,并且经济发展和社会进步的综合发展指数已经逐步高于生态环境的综合发展指数。

(3) 2011—2020年,在熵值法的基础上由耦合协调度模型计算得出:河南省生态文明及经济发展、生态环境、社会进步等各子系统的耦合度在稳步上升,除了2011—2012年处于基本耦合阶段外,2013—2020年都稳定处于高度耦合阶段。此外,河南省生态文明各子系统的耦合协调度一直呈现上升的趋势,在2017—2019年之间已经稳定处于濒临协调阶段,2020年成功进入勉强协调阶段,但是各子系统之间的耦合协调度整体上仍然偏低。

河南省作为中部地区的一个重要省份,推进河南省生态文明发展是加快中部崛起的必然选择。从其耦合协调度发展类型来看,河南省生态文明各子系统刚迈入勉强协调阶段,经济发展、生态环境和社会进步三者之间仍有相当大的不协调。因此,在面对经济、生态、社会三方面的协同发展上,河南省未来发展要积极探索地方特色的生产发展模式,加快创新技术的应用。经济发展、生态环境与社会进步的融合要靠技术变革来实现进一步的优化,逐步实现生态资源绿色化、生态产业集聚化、生态经济同步化。加强省内各区域的互动合作,推动经济发展、生态环境与社会进步的同步协调。各州各区各县要提高各区域间的信息、资本和人才等要素的流通速度,以此更好地实现各区域间的经济发展、生态环境和社会进步的协同。本文在选取指标方面可能存在一定的局限性,在构建河南省生态文明发展评价指标体系方面仍需进一步的完善,今后也可以从河

南省各州市生态文明发展水平进行更深层次和更细致化的研究与评价。

[参考文献]

- [1] 彭向刚,向俊杰.中国三种生态文明建设模式的反思与超越[J].中国人口·资源与环境,2015,25(3): 12. DOI: 10.3969/j.issn.1002-2104.2015.03.002.
- [2] 张玲,杨加猛,张智光.中国生态文明建设绩效的统计评价[J].统计与决策,2013(23): 19. DOI: 10.13546/j.cnki.tjyjc.2013.23.004.
- [3] 于欣鑫,戴梦圆,沈晓梅.长江经济带水生态文明建设时空特征与优化路径[J].人民长江,2021,52(10): 1. DOI: 10.16232/j.cnki.1001-4179.2021.10.001.
- [4] 宓泽锋,曾刚,尚勇敏,等.中国省域生态文明建设评价方法及空间格局演变[J].经济地理,2016,36(4): 15. DOI: 10.15957/j.cnki.jjdl.2016.04.003.
- [5] 黄茂兴,张建威.生态文明建设与新型城镇化协调发展的时空格局及影响因素:以福建省为例[J].福建师范大学学报(哲学社会科学版),2021(1): 40. DOI: 10.12046/j.issn.1000-5285.2021.01.005.
- [6] 郭岩,陈文斌.基于因子分析法的地方政府重视生态文明建设程度评价研究:以黑龙江省为例[J].生态经济,2021,37(12): 218.
- [7] 孙钰,姜宁宁,崔寅.京津冀生态文明与城市化协调发展的时序与空间演变[J].中国人口·资源与环境,2020,30(2): 138. DOI: 10.12062/cpre.20191109.
- [8] 郭珊珊,张亚丽,黄珺嫦.基于时空演变的土地利用集约度与生态文明耦合协调研究:以郑州市为例[C]//2015年中国土地学会学术年会论文集,2015: 1-11.
- [9] 吴耀,韩龙喜,谈俊益,等.苏南五市生态文明建设状态评估[J].四川环境,2017,36(2): 125. DOI: 10.14034/j.cnki.schj.2017.02.023.
- [10] 赵好战.县域生态文明建设评价指标体系构建技术研究[D].北京:北京林业大学,2014.
- [11] 成金华,戴胜,王然.县域生态文明评价指标体系构建及其应用[J].环境经济研究,2017,2(4): 107. DOI: 10.19511/j.cnki.jee.2017.04.008.
- [12] 吴利平.学习贯彻党的十九大精神 做好生态环境保护工作[J].时代报告,2018(10): 24.
- [13] 张进财.我国农业经济与生态系统耦合协调发展评价[J].生态经济,2022,38(6): 115.