

# 安徽省区域 RESE 系统协调发展评价研究

熊鸿斌, 鲁超

(合肥工业大学资源与环境工程学院, 合肥 230009)

**摘要:**为解决目前区域生态经济系统协调发展度评价的参考标准适用性问题,以区域生态经济系统为研究对象,根据其特征将其分为资源、环境、社会和经济四个子系统(RESE系统),从四个子系统中筛选20个代表性指标构建区域生态经济系统协调发展度评价指标体系,引入TOPSIS模型对其进行客观评价,同时运用灰色关联法对其进行改进以消除模型局限性,并以安徽省下辖16个地级市为例对其RESE系统进行评价研究。结果表明:安徽省RESE系统整体处于基本协调状态,皖南地区明显优于皖北地区,仅芜湖、合肥、黄山、宣城四市处于比较协调状态,且四市存在地域相近性。改进后的TOPSIS模型可以解决参考标准适用性问题,能为后续RESE系统协调发展度评价提供准确数据,保证了评价结果的客观真实性,同时也为区域生态经济系统协调发展评价提供了一种新思路。

**关键词:** TOPSIS模型; 灰色关联法; 协调发展度; RESE系统; 安徽省

中图分类号: X22

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2019)05-0820-06

## Research on evaluation of coordinated development of regional RESE system in Anhui Province

XIONG Hongbin, LU Chao

(School of Resources and Environmental Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009)

**Abstract:** In order to solve the applicability of the reference standard for the evaluation of the coordinated development degree of regional eco-economic system, this paper takes the regional eco-economic system as the research object, and divides it into four subsystems (RESE system) of resources, environment, society and economy according to its characteristics. Screening 20 representative indicators from four subsystems to construct a regional eco-economic system coordination development evaluation index system, introducing TOPSIS model to objectively evaluate it, and using grey correlation method to improve it to eliminate model limitations, and to Anhui Province Under the jurisdiction of 16 prefecture-level cities as an example, the evaluation of its RESE system. The results show that the overall RESE system in Anhui Province is in a state of basic coordination. The Wannan area is obviously superior to the Wanbei area. Only Wuhu, Hefei, Huangshan and Xuancheng are in a relatively coordinated state, and the four cities have regional similarities. The improved TOPSIS model can solve the applicability of the reference standard, provide accurate data for the subsequent evaluation of the coordinated development of the RESE system, ensure the objective authenticity of the evaluation results, and provide a new idea for the coordinated development evaluation of regional eco-economic systems.

**Key words:** TOPSIS model; gray correlation method; coordinated development degree; RESE system; Anhui Province

伴随着城镇化与工业化的快速发展,自然资源的消耗速度和生态环境的破坏程度不断增加,社会经济进步长期以无节制的牺牲自然环境为代价,导致生态失衡加剧,生态和经济之间的矛盾日益突出<sup>[1-2]</sup>。为寻找生态与经济协调发展的可持续化道路,我国学者在分析城市化进程与生态环境之间动

态演进关系的基础上,提出生态经济协调发展度并被广泛采用<sup>[3-5]</sup>。“协调发展度”是指不同系统之间或系统内部要素之间在发展过程中和谐一致的程度,对一定区域社会、经济、资源、环境间的协调发展具有指导意义。

区域经济生态系统既受到环境影响,又受到资

收稿日期: 2019-03-11

基金项目: 安徽省重大科技攻关课题(08010302114)资助。

作者简介: 熊鸿斌, 博士, 教授。E-mail: xhb6324@sina.com

源约束, 具有经济特点, 还包含社会属性, 因此它可以被看作是由资源、环境、社会和经济各个子系统相互联系、相互作用、相互约束的具有一定结构和功能的复合系统 (Resources-Environment-Society-Economy System, 以下简称 RESE) [6]。鉴于 RESE 系统的多目标性和复杂性, 寻找一种较为合理的评价方法并展开实证研究成为当前的研究课题。目前对 RESE 系统协调发展的研究主要集中于评价指标的体系、方法、标准和等级划分等方面。常用的计算 RESE 系统协调发展度的模型有隶属函数协调度模型 [7]、离差系数最小化协调度模型 [8]、系统协调发展模型 [9] 等, 在运用这些模型前须先对其各个子系统进行评价打分, 最常见的评价方法为综合指数法 [10], 但是综合指数法的评价参考标准尚未统一, 其标准多取自于国际标准值、专家经验值及全国或省内平均值等, 导致其在评价 RESE 系统上存在一定的局限性。

TOPSIS 模型是根据有限个评价对象与理想化目标的接近程度进行排序的方法, 是在现有的对象中进行相对优劣的评价, 自 1981 年由 Hwang 和 Yoon 提出后, 已经成功应用到干旱脆弱性评价 [11]、水资源可持续利用评价 [12]、土地利用绩效评价 [13]、经济发展水平综合评价 [14] 等方面。但在以距离作为尺度的条件下, 传统 TOPSIS 模型只能直观反映不同数据曲线之间的位置关系, 不能表现数据序列的态势变化, 存在一定的局限性。鉴于灰色关联法 [15] 可以量化分析一个系统发展的态势变化, 根据因素之间的发展趋势衡量其关联程度, 非常适合动态历程分析。目前将 TOPSIS 模型应用到 RESE 系统协调发展的评价研究还是空白, 基于此, 本研究尝试将灰色关联法引入 TOPSIS 模型, 弥补传统 TOPSIS 模型的局限性, 应用到 RESE 系统协调发展评价当中, 并以安徽省为例对其下辖 16 个地级市 RESE 系统协调发展度进行研究, 以期为区域资源环境与社会经济全面协调可持续发展提供新的思路和方法支撑。

## 1 数据与方法

### 1.1 研究区域概况

安徽省位于中国中东部地区, 界于  $114^{\circ}54'E \sim 119^{\circ}37'E$ ,  $29^{\circ}41'N \sim 34^{\circ}38'N$  之间, 总面积 14.01 万  $km^2$ , 地跨长江、淮河和钱塘江三大水系, 与江苏、浙江、河南、湖北、江西、山东六省相邻, 下辖 16 个地级市, 是国内几大经济板块的对接地带。2016 年安徽省 GDP 为 24 117.9 亿元, 同比增长 8.7%。

其中, 第一产业增加值 2 567.7 亿元, 同比增长 2.7%; 第二产业增加值 11 666.6 亿元, 同比增长 8.3%; 第三产业增加值 9 883.6 亿元, 同比增长 10.9%, 三次产业结构比例为 10.6 : 48.4 : 41。

### 1.2 数据来源

本研究涉及的资源、环境、社会、经济相关数据来源于《安徽省统计年鉴 (2016 年)》 [16], 《安徽省水资源公报 (2016 年)》 [17], 《安徽省国民经济和社会发展统计公报 (2016 年)》 [18]。

### 1.3 构建 RESE 系统协调发展度指标体系

选取合理的评价指标是客观评价 RESE 系统协调发展水平的基础和前提。许多学者从不同方面展开研究, Hou 等 [19] 从经济和环境两方面进行指标选取, 王爱辉等 [20] 从经济、社会与环境角度来选取指标。然而区域经济生态系统既受到环境影响, 又受到资源约束, 具有经济特点, 还包含社会属性, 单从其中部分影响因素分析区域经济生态系统的协调发展, 无法给出详细的评价准则。

本研究拟将资源、环境、社会、经济放在同一研究体系中, 以安徽省 16 个地级市为样本选取 20 个代表性指标, 指标选取遵循科学性、系统性及可操作性的原则, 结合安徽省资源环境背景和社会经济实情, 构建区域生态经济系统协调发展度评价指标体系。(1) 资源系统反映市域社会经济发展的基础, 结合可持续发展和安徽实情, 选择与居民生活质量相关的森林覆盖率、万元 GDP 能耗等指标, 可表明市域资源情况并与其他系统有相关性, 评价市域资源系统;(2) 环境系统反映生态压力在市域社会经济发展中的状态, 选择城市污水处理率、环保投入占 GDP 等指标, 可表明市域环境情况和当地对环境的重视程度并与其他系统有相关性, 评价市域环境系统;(3) 社会系统反映市域教育研发、福利和政府资金的使用能力, 选择万人拥有卫生机构床位数、研究与实验发展经费占 GDP 等指标, 可表明市域未来发展所具备的能力并与其他系统有相关性, 评价市域社会系统;(4) 经济系统反映市域产业结构占比和居民生活质量水平, 选择人均 GDP、第三产业占比等指标, 可表明市域未来产业结构优化和物质与信息交换能力并与其他系统有相关性, 评价市域经济系统。四大系统的 20 项指标能够反映系统的发展水平且存在相关性, 作为代表指标用以评价区域协调发展度具有可行性。具体指标如表 1 所示。

### 1.4 指标权重系数的确定

安徽省区域生态经济系统协调发展度的评价指

标由资源、生态、社会、经济四大主要评价因素，人均 GDP、城市化水平、人均水资源量、城市污水处理率等 20 项指标构成，而各项指标的计量单位并不统一且各市区单元之间相关指标差异较大，为避免计算综合指标前的人为主观因素引起的误差，本文采取熵值法客观赋权，将各项指标进行标准化处理，解决各项不同指标的同质化问题。各项指标的权重计算结果如表 1 所示。

### 1.5 子系统发展水平的计算

本研究综合灰色关联法可以量化分析系统发展的态势变化，TOPSIS 模型可以对多目标进行相对优劣评价的特点，将灰色关联法引入到 TOPSIS 模型并进行改进，评价各项指标优劣，以目标与理想值的贴进度作为子系统的发展水平得分。各子系统的综合发展水平得分如表 2 所示。

表 1 区域 RESE 系统协调发展度评价指标体系

Table 1 Regional RESE system coordinated development degree evaluation index system

目标 Objective	系统 System	指标 Index	单位 Unit	指标性质 Index properties	权重 Weight
城市协调发展状况	经济	农村居民家庭纯收入	元	+	0.028 1
		人均 GDP	元	+	0.072 5
		城镇居民人均可支配收入	元	+	0.035 6
		第三产业占比	%	+	0.052 3
	社会	人口密度	人/km <sup>2</sup>	-	0.049 3
		城市化水平	%	+	0.059 8
		各市每十万人拥有大专及以上学历人口	个	+	0.047 3
		万人拥有卫生机构床位数	张	+	0.058 2
	资源	研究与实验发展经费占 GDP	%	+	0.038 2
		森林覆盖率	%	+	0.056 6
		人均耕地面积	亩	+	0.049 3
		人均水资源量	立方米	+	0.086 2
		万元 GDP 能耗	吨标准煤	-	0.073 1
		单位产值电耗	千瓦时/万元	-	0.051 5
	环境	工业固体废物综合利用率	%	+	0.018 8
		城市污水处理率	%	+	0.039 1
		环保投入占 GDP	%	+	0.077 6
		工业废水排放强度	万元/吨	-	0.049 4
		工业废气排放强度	m <sup>3</sup> /元	-	0.033 2
		一般工业固体废物产生量	万元/吨	-	0.023 9

表 2 协调发展水平度量标准

Table 2 Coordinated development level metrics

值域 Range	0~0.21	0.22~0.43	0.44~0.65	0.66~0.87	0.88~1
等级 Grade	极不协调	较不协调	基本协调	比较协调	非常协调

### 1.6 协调发展度评价方法

1.6.1 协调发展度的测算 区域协调度计算公式如下：

$$c=1-v \tag{1}$$

式中：V=S/Y，v 为变异系数，Y 是 4 个子系统的综合得分平均值，S 为标准差，C 为协调度，协调度越小，即 4 个子系统的发展越不协调。

为了更准确度量区域协调发展水平的高低，一方面考虑到区域子系统之间的协调状况，另一方面

也体现了区域子系统发展水平进行组合的数量程度，为此引入区域协调发展度公式如下：

$$D = \sqrt{C \times T} \tag{2}$$

式中：D 为协调发展度；C 为协调度；T 为 4 个子系统发展水平的综合评价指数；B<sub>i</sub> 为各个子系统的综合得分值；其中 T=αB<sub>1</sub>+βB<sub>2</sub>+γB<sub>3</sub>+φB<sub>4</sub>；α、β、γ、φ 分别为区域 4 个子系统的权重系数，在本研究中，认为经济、社会、资源、环境 4 个子

系统同等重要,

故取  $\alpha = \beta = \gamma = \phi = 0.25$ 。

**1.6.2 协调发展度等级划分**  $D \in (0, 1)$ , 当  $D$  越大, 表示子系统之间的发展越协调, 参考相关文献[18-19], 对协调发展度进行等级划分如表 3 所示。

## 2 安徽省 RESE 系统协调发展度实例研究

### 2.1 安徽省 RESE 系统协调发展度评价结果

运用公式 (1) (2) 计算出安徽省下辖 16 个地级市的协调发展度, 数据如表 3 所示。

表 3 安徽省下辖 16 个地级市协调发展度及排名

Table 3 The coordinated development degree and ranking of 16 prefecture-level cities under the jurisdiction of Anhui Province

城市 City	协调发展度 Prefecture-level	排名 Rank
芜湖	0.682 5	1
合肥	0.680 6	2
黄山	0.677 5	3
宣城	0.669 3	4
池州	0.656 6	5
铜陵	0.616 3	6
蚌埠	0.613 2	7
安庆	0.586 4	8
滁州	0.580 8	9
淮北	0.571 1	10
淮南	0.560 7	11
马鞍山	0.546 5	12
六安	0.499 7	13
宿州	0.482 4	14
阜阳	0.471 9	15
亳州	0.453 9	16

### 2.2 评价结果分析

**2.2.1 从各子系统发展水平分析** (1) 从经济发展水平来看。安徽省经济发展前三的城市分别为合肥、芜湖、马鞍山。三市相连且人均 GDP 分别为 80 138 元、73 715 元、65 833 元, 其中合肥市为安徽省省会, 政策优势明显; 芜湖靠近长江, 毗邻南京, 地理位置优越; 马鞍山靠近长江, 接壤南京, 钢铁产业是其经济发展的支柱, 属于重工业城市, 其第三产业占比仅为 39% 小于生态市建设标准 40% 的要求, 城镇居民人均可支配收入达到 41 206 元, 农村居民家庭收入仅为 17 719 元, 城乡发展严重失衡; 铜陵、黄山、宣城、蚌埠、池州的经济水平相近, 排名分别为第四至第八, 除蚌埠外其他四市均为皖南城市, 尤其黄山、池州、宣城旅游业较发达, 第三产业占比分别为 51.3%、44.1%、40.5%, 产业结构

合理, 城乡收入差距较小; 淮北、安庆、滁州、淮南、宿州、亳州、六安、阜阳中除安庆外均属皖北, 其中淮北市人均 GDP 最高为 36 427 元, 阜阳最低仅为 17 642 元, 经济差异明显, 深入分析发现, 安庆、滁州、宿州、亳州、六安、阜阳六市以畜牧业、种植业为主, 经济基础薄弱, 淮南、淮北主要以煤矿产业为主, 环境污染问题及国家推进清洁能源背景对其经济增长产生负面影响。子系统发展水平如图 1 所示。

(2) 从社会发展水平来看。安徽省社会发展前三的城市分别为合肥、芜湖、铜陵。城市化水平分别为 72.05%、63.46%、55.79%, 其中合肥、芜湖在教育、医疗、科研占比上均远高于平均水平, 有利于提高社会发展水平; 马鞍山城市化水平为 66.49% 仅次于合肥, 科研经费全省第三, 但相比于铜陵市 2 513 人·km<sup>-2</sup> 的人口密度, 其人口密度高达 4 205 人·km<sup>-2</sup> 排名全省第一, 人口压力较大且一定程度上限制了马鞍山的社会发展水平; 蚌埠、滁州、淮北分别位于第五至第七, 蚌埠与淮北各项指标略高于省内均值, 滁州虽指标水平低于省内均值但其人口密度仅为 1 587 人·km<sup>-2</sup>; 淮南、池州、宣城、黄山、安庆、阜阳、六安、宿州、亳州的经济社会发展水平都低于省内均值。深入分析可以发现, 这些城市在社会发展中的某些方面存在严重短板, 如淮南、宣城、阜阳的人民受教育水平和医疗保障水平明显低于其他城市; 池州、黄山、六安和安庆的医疗保障水平和科研投入经费较低是限制了其社会发展的主要原因; 宿州和亳州万人拥有卫生机构床位数仅为合肥的 1/2、研究与实验发展经费占 GDP 的比例分别为 0.45% 和 0.47%, 而合肥高达 3.1%, 地区发展严重不平衡。

(3) 从资源状态水平来看。安徽省资源状态水平前三的城市分别为黄山、池州、宣城。三市均属皖南山区, 水资源丰富、森林覆盖率高, 均是以农业和旅游业为主, 对当地资源消耗较少; 安庆与六安分列第四第五, 森林覆盖率分别为 40.9%、45.67% 高于生态市建设标准 40% 的要求, 万元 GDP 能耗分别为 0.515、0.491 吨标准煤·万元<sup>-1</sup> 低于生态市建设标准, 人均水资源量 4 089、3 162 m<sup>3</sup>, 属于资源节约型发展模式, 有利于城市的可持续发展; 其余城市自然资源状态都低于省内均值。深入分析发现, 这些城市森林覆盖率最高为宿州 25.56%, 淮南最低为 9.56%; 人均水资源最高为铜陵 2 019 m<sup>3</sup>, 淮北最低仅为 344.2 m<sup>3</sup>; 万元 GDP 能耗与单位产值电耗马鞍山最高, 分别达到 1.292 吨标准煤·万元<sup>-1</sup>、

1 268.62 kW·h·万元<sup>-1</sup>，超过了生态市建设标准，说明马鞍山的经济发展是建立在大量的资源消耗上，不利于可持续发展，应当从粗放型经济模式向集约型经济模式转变。

(4) 从环境保护水平来看。安徽省环境保护水平前三的城市分别为黄山、六安、合肥。其中旅游为黄山支柱产业，其环保投入占 GDP 比例达 1.3% 高居全省第一；亳州、池州、蚌埠、芜湖、阜阳、宣城分列第四至第九且得分相近，三废排放强度都低于省均水平，说明这些城市由传统粗放型经济发

展模式向低污染、低消耗的可持续发展经济模式转变，但是在环保投入方面，除池州和亳州的环保投入占 GDP 比例超过 1%，其余均不足 1%；宿州、安庆、滁州环保投入占 GDP 比例分别只有 0.60%、0.45%、0.47% 低于省内平均水平；淮北、铜陵、淮南、马鞍山是典型的以牺牲环境为代价的经济发展模式其“三废”排放强度是省内平均值的 2 倍，马鞍山环保投入占 GDP 比例仅为 0.36%。一般认为，要使环境质量得到明显改善，环保投入占 GDP 比例需要达到 1.3% 以上。

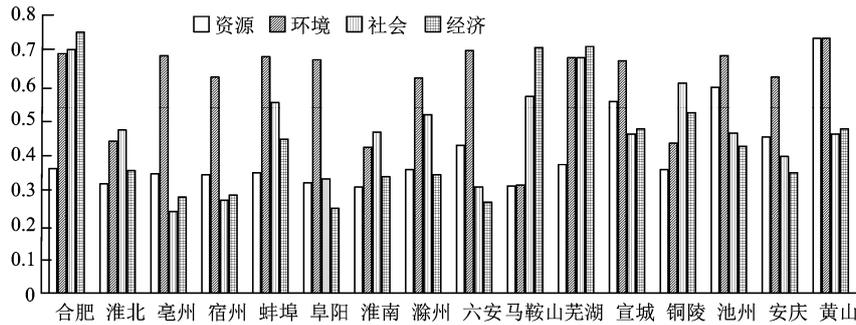


图 1 安徽省下辖 16 个地级市 RESE 系统各子系统发展水平

Figure 1 The development level of each subsystem of RESE system in 16 prefecture-level cities under the jurisdiction of Anhui Province

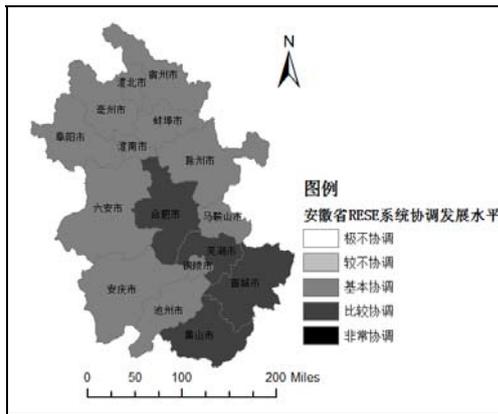


图 2 安徽省 RESE 系统协调发展水平评价结果

Figure 2 Evaluation results of coordinated development level of RESE system in Anhui Province

**2.2.2 整体分析** 安徽省下辖的 16 个地级市中芜湖、合肥、黄山、宣城四市 RESE 系统协调发展水平处于比较协调状态，池州、铜陵、蚌埠、安庆、滁州、淮北、淮南、马鞍山、六安、宿州、阜阳、亳州处于基本协调状态，全省总体水平未有失衡。但安徽省市域 RESE 系统协调发展水平存在明显的区域差异，皖南皖北地区南北格局差异明显；芜湖、合肥、黄山、宣城四市相连并位于长三角经济圈，空间聚集特征显著，且除合肥由于省会因素外，其余三市均不同程度与江浙接壤，一定程度上受其辐

射，尤其芜湖紧邻长江区位优势明显。

合肥、芜湖、马鞍山、铜陵的经济发展水平和社会发展水平位列全省前茅，这是由于这 4 所城市位于长三角经济圈，凭借着优越的地理位置和科学的产业化布局，这些城市的经济发展迅速。医疗、教育、科研等关系到社会发展水平的民生问题需要大量的资金投入，强大的经济基础和地方政府的重视使得其社会发展水平也得到改善。限制合肥和芜湖 RESE 系统协调发展水平的主要原因是自然资源较为匮乏，合肥和芜湖经济、社会、环境子系统得分均高于 0.67，但是资源子系统得分仅分别为 0.353 3、0.366 8，说明资源在城市的可持续发展中也存在重要意义；铜陵和马鞍山在经济、社会子系统中得分较高，城市社会经济均处于省内前列，但是地方政府对其环境、资源保护水平重视不够，尤其是马鞍山人口压力全省最高，导致整体水平靠后；黄山、宣城、池州、安庆均属皖南山区，人口压力较小且自然资源丰富，但是由于其经济发展主要以农业和旅游业为主，其社会和经济水平一般，尤其是黄山、池州、宣城的污染排放小且环保投入较高，因此整体水平靠前；安徽北部地区经济基础比较薄弱，主要以畜牧业和种植业为主，经济发展相对落后，社会发展水平受到经济发展水平的影响，医疗、教育、科研等方面的投入相对较少，造成社

会发展水平的相对滞后, 此外部地区的自然条件相对恶劣, 森林覆盖率低、水资源缺乏等都是遏制其发展的不利因素, 但是发展较为均衡, 各子系统的耦合关系较为和谐, 处于基本协调状态。

### 3 讨论与结论

安徽省整体 RESE 系统协调发展水平处于基本协调状态, 南北地区空间差异显著, 皖南地区明显优于皖北地区, 芜湖、合肥、黄山、宣城四市处于比较协调状态, 且四市存在地域相近性, 其他 12 市处于基本协调状态。

对于合肥、芜湖、铜陵、马鞍山等处于长三角经济圈的城市, 其社会经济发展水平较高, 但是资源存储量相对匮乏, 环保投入跟不上经济发展水平, 因此注重优化资源配置, 发展清洁能源, 改善生产模式、减少污染排放是提高其协调发展度的根本途径。黄山、池州、宣城、安庆等南部城市由于处于皖南山区, 人口压力小、自然资源丰富, 其经济发展主要依赖于旅游业和农业, 社会经济发展相对落后, 因此可以充分利用其资源优势、开发旅游相关配套设施服务、提高医疗、教育、科研等方面的投入, 来促进区域生态经济的协调发展。宿州、亳州、淮北、蚌埠等皖北城市经济基础薄弱、自然条件比较恶劣。因此需要合理配置资源、优化产业结构、经济发展模式由粗放型向集约型转型, 同时加大环保投入。

本研究从资源、环境、社会和经济 4 个方面选取 20 项指标构建安徽省 RESE 系统协调发展度评价指标体系, 通过引入灰色关联法弥补 TOPSIS 模型的局限性, 并以安徽省为例测算了其下辖 16 个地级市 RESE 系统协调发展度, 结果表明: 改进后的 TOPSIS 模型可以解决参考标准适用性问题, 能为后续 RESE 系统协调发展度评价提供准确数据, 保证了评价结果的客观真实性, 同时也为其他地区资源、环境、社会和经济全面协调可持续发展提供了一种新思路。但本文仅从单一年份进行评价, 未能说明市域 RESE 系统演化特征及一般规律, 有待深层次探讨。

### 参考文献:

[1] PERRINGS C. Ecological sustainability and environmental control[J]. Struct Chang Econ Dyn, 1991, 2(2): 275-295.  
 [2] XU H Y. The study on eco-environmental issue of Aral sea from the perspective of sustainable development of silk road economic belt[J]. IOP Conf Ser: Earth Environ Sci, 2017, 57: 012060.

[3] 杨伟红, 徐艳红, 于鲁冀, 等. 河南省城镇化与生态环境协调发展度评价[J]. 现代城市研究, 2016, 31(11): 117-123.  
 [4] 乔旭宁, 张婷, 安春华, 等. 河南省区域协调发展度评价[J]. 地域研究与开发, 2014, 33(3): 33-38.  
 [5] SUN Q, ZHANG X H, ZHANG H W, et al. Coordinated development of a coupled social economy and resource environment system: a case study in Henan Province, China[J]. Environment, Development and Sustainability, 2018, 20(3): 1385-1404.  
 [6] 张凤太, 苏维词. 贵州省水资源-经济-生态环境-社会系统耦合协调演化特征研究[J]. 灌溉排水学报, 2015, 34(6):44-49.  
 [7] 张一. 我国西部经济增长与环境质量的实证研究[J]. 技术经济与管理研究, 2014(3):111-116.  
 [8] 3E 系统协调度评价模型比较及其应用研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2013.  
 [9] YANG Q, YANG D, VRIES B D, et al. Assessing regional sustainability using a model of coordinated development index; a case study of mainland China[J]. Sustainability, 2014, 6(12):9282-9304.  
 [10] 伏吉芮, 瓦哈甫·哈力克, 姚一平. 吐鲁番地区水资源-经济-生态耦合协调发展分析[J]. 节水灌溉, 2016(12): 94-98.  
 [11] 徐晗. 改进的 TOPSIS 模型在陕西省农业干旱脆弱性区划中的应用[J]. 干旱地区农业研究, 2016, 34(04): 251-258.  
 [12] TANG L, WANG G Y, LIU Z, et al. TOPSIS based assessment of sustainable water resources utilization[J]. Asian agricultural research, 2018, 10(10).  
 [13] LEI X, ROBIN Q, LIU Y. Evaluation of regional land use performance based on entropy TOPSIS model and diagnosis of its obstacle factors[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2016, 32(13):243-253.  
 [14] GUO J H. The efficiency evaluation of low carbon economic performance based on dynamic TOPSIS method[J]. Journal of Interdisciplinary Mathematics, 2017, 20(1):231-241.  
 [15] WANG L, XI F M, WANG J Y. Analysis of grey correlation between energy consumption and economic growth in Liaoning Province, China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2016, 27(03):920-926.  
 [16] 安徽省统计局. 安徽省统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2016.  
 [17] 安徽省环保厅. 2016 年安徽省环境状况公报 [R]. 2016.  
 [18] 国家统计局. 安徽省国民经济和社会发展统计公报[M]. 北京: 中国统计出版社, 2016.  
 [19] HOU Y, ZHENG Z, WEN Y, et al. Analysis on the Interaction Relationship between Forestry Ecological Construction and Economic Development in Xiangxi Mountains[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2014, 50(12):131-138.  
 [20] 王爱辉, 刘晓燕, 龙海丽. 天山北坡城市群经济、社会与环境协调发展评价[J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28(11).  
 [21] 程长林, 任爱胜, 王永春, 等. 基于协调度模型的青藏高原社区畜牧业生态、社会及经济耦合发展[J]. 草业科学, 2018, 35(3):677-685.  
 [22] 王鑫, 刘元伟, 徐海燕. 基于多维效用并合法的经济环境协调度模型研究[J]. 中国管理科学, 2016(S1): 682-688.