

郑 菲,李洪庆,赵姚阳.基于资源环境承载力评价的安徽省主体功能区划分研究[J].湖北农业科学,2018,57(22):164-170.

# 基于资源环境承载力评价的安徽省主体功能区划分研究

郑 菲<sup>1</sup>,李洪庆<sup>1,2</sup>,赵姚阳<sup>1</sup>

(1.河海大学公共管理学土地资源系,南京 211100;2.安徽省智慧城市与地理国情监测重点实验室,合肥 230031)

**摘要:**以安徽省为例,从资源、环境、经济和社会 4 个方面选取 16 个指标构建资源环境承载力评价体系,采用熵权法和突变级数模型,结合 ArcGIS 软件,计算出 2016 年安徽省各行政单元资源环境承载力,绘制等级分布图,通过对比分析提出未来功能区域划分。结果表明,①安徽省 2016 年资源环境承载力整体水平较好,芜湖市和马鞍山市综合承载力最高;②经济承载力对资源环境承载力的影响最大,并且同环境承载力和社会承载力呈现出一定的关系,经济承载力越高,其社会承载力越高,而环境承载力越低。结合资源环境承载力评价结果和各城市特点,将安徽省 16 个行政单元划分为优化开发区、重点开发区和适度开发区 3 个功能区,并提出了相应发展建议。

**关键词:**资源环境承载力;突变级数法;主体功能区;区域划分;安徽省

中图分类号:X-1

文献标识码:A

文章编号:0439-8114(2018)22-0164-07

DOI:10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2018.22.043

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Research on Division of Main Functional Areas in Anhui Province Based on the Assessment of Carrying Capacity of Resources and Environment

ZHENG Fei<sup>1</sup>, LI Hong-qing<sup>1,2</sup>, ZHAO Yao-yang<sup>1</sup>

(1.School of Public Administration, Hohai University, Nanjing 211100, China;

2.Anhui Key Laboratory of Smart City and Geographical Condition Monitoring, Hefei 230031, China)

**Abstract:** Taking Anhui province as a case, this paper constructed assessment system of CCRE including 16 indicators from the range of resource, environment, economy and society. Then using entropy weight method and catastrophe progression method assess the CCRE value of each administrative unit of Anhui province. Finally, this paper presented the level distribution map with the help of ArcGIS, and proposed the advices of the division of main functional area. The results showed that ①The level of CCRE is preferably in 2016, Wuhu and Ma'an shan occupy the top two position;②The economic carrying capacity not only has the greatest influence on CCRE, but also shows a negative correlation with environmental carrying capacity and a positive correlation with social carrying capacity. Combining the result of CCRE, this study divides the 16 administration units into 3 functional zones: Optimization development zones, key development zones, moderate development zone. And combining the characteristics of each city, this paper put forward the corresponding development suggestions.

**Key words:** carrying capacity of resources and environment; catastrophe progression method; main functional area; regional division; Anhui province

资源和环境是人类生存和发展的基础。近年来,中国社会经济快速发展,特别是工业化和城市化进程的推进,导致污染问题加剧,资源和环境受到了严

重的破坏,各地区环境资源承载力大大降低。随着中国可持续发展战略的不断深化、“十三五”规划生态文明建设的提出,《关于建立资源环境承载能力监测

收稿日期:2018-04-27

基金项目:安徽省智慧城市与地理国情监测重点实验室开放性课题基金项目(2016-K-06Y)

作者简介:郑 菲(1994-),女,河北廊坊人,在读硕士研究生,研究方向为土地利用、生态景观、风险控制,(电话)18262636381(电子信箱)

victoria\_Zheng0803@163.com。

预警长效机制的若干意见》等文件的印发以及人们对于资源环境系统认识的不断提高及环保意识的增强,资源环境承载力评价成为推进区域绿色高效发展的重要依据。近年来,位于长江经济带的安徽省经济实力不断增强,2016年国民生产总值达到24 117.9亿元,但在经济提升的同时,资源短缺、环境污染等问题也逐渐显著,2016年安徽省的人均耕地面积为 $0.092 \text{ hm}^2/\text{人}$ ,人均水资源量为 $2 018.430 \text{ m}^3/\text{人}$ ,而全省城市污水排放量达159 297万 $\text{m}^3$ 。因此,了解安徽省资源环境承载力现状,依据各地承载力特点,建立资源环境承载能力监测预警长效机制,制定功能区划分与规划设计,对于安徽省可持续发展具有重要的意义。

资源环境承载力是指在一定的时间和空间范围内,在保证区域资源的可持续发展、维持环境稳态效应能力的前提下,该区域资源环境系统所能承受人类各种社会经济活动的阈值<sup>[1]</sup>,是实现区域社会、经济、生态协调发展的支柱,是判断资源开发与环境保护是否平衡发展的重要指标。近年来,国内外对于资源环境承载力的研究已经取得了一定的成果,从评价方法来看,由定性方法到定量方法,再到定性定量方法相结合研究,包括层次分析法<sup>[2]</sup>、生态足迹法<sup>[3-5]</sup>、状态空间法<sup>[6]</sup>、模糊综合分析法<sup>[7]</sup>、生态环境压力指数法<sup>[8]</sup>等;从评价因素来看,资源环境承载力研究经历了由资源承载力研究到环境承载力研究,再到资源环境承载力综合研究的演变过程<sup>[9]</sup>。早期主要是针对土地资源<sup>[10]</sup>、水资源<sup>[11]</sup>、矿产资源<sup>[12]</sup>等单因素的承载力研究;随着研究的深入,增加了对环境承载力的研究<sup>[13]</sup>,又将社会、经济因素同资源、环境因素一同作为研究资源环境承载力的综合评价因素<sup>[14]</sup>。针对不同的研究区域和研究对象,评价指标选取大致可分为:①将资源环境承载力视为一个复合系统,综合研究其社会-经济-生态等系统;②基于PSR模型研究资源环境的压力、状态问题。从评价区域来看,中国早期主要集中在新疆<sup>[15]</sup>、内蒙古<sup>[16]</sup>、宁夏<sup>[17,18]</sup>等经济发展较为落后的西北部地区,随着资源环境承载力研究的不断发展,逐渐向京津冀<sup>[19]</sup>、黄河三角洲<sup>[20]</sup>等中东部地区扩展。上述研究充分体现了当前国内外资源环境承载力研究理论和评价方法的快速发展。本研究以安徽省资源环境状况和社会经济条件为基础,运用熵权法和突变级数模型,以行政单元为研究尺度计算资源环境承载力综合值,从横向来分析安徽省16个行政单元2016年的资源环境承载力状况,并结合ArcGIS空间分析软件绘制出评价等级图,依据评价结果和城市发展特点对安徽省进行功能区划分。

## 1 研究方法

### 1.1 区位概况

安徽省地处中国华东地区,位于东经 $114^\circ$ ,北纬 $29^\circ$ ,地跨长江、淮河北,属于长江三角洲腹地。土地总面积 $140.140 \text{ 亿 m}^3$ ,包括16个地级市。截至2016年末,安徽省常住人口为6 196万人,国民生产总值24 117.89亿元,水资源总量 $1 245.17 \text{ 亿 m}^3$ ,工业废水排放总量49 624.87万t,工业二氧化硫排放量23.24万t,能源耗用量12 694.96万t标准煤,城镇恩格尔系数32.50%,城镇化率51.99%。近年来,安徽省社会经济快速发展,人民生活水平不断提高,但经济发展对于资源的依赖和环境的破坏也逐年增加,影响了安徽省的整体发展。

### 1.2 资源环境承载力指标体系构建

选取合理的指标体系是评价资源环境承载力的关键,直接影响评价结果。在遵循科学性、系统性、代表性、可得性等原则的前提下,本研究通过借鉴相关研究成果<sup>[21,22]</sup>,结合国家发改委颁布的绿色发展指标体系、生态文明建设考核目标体系以及安徽省2016年各市资源环境与社会发展特点,从资源承载力、环境承载力、社会承载力和经济承载力4个层次选取评价指标,运用SPSS软件的主成分分析功能从37个指标中选取16个重要指标,构建评价指标体系。

资源承载力指某一地区资源的数量和质量所能承受的该地区人口基本的社会和经济活动的的能力<sup>[23]</sup>,是可持续发展的重要体现。本研究选择人均耕地面积、人均水资源量、建成区面积和垦殖系数4个指标,来描述安徽省的资源承载力状况;环境承载力反映的是在一定时期内,研究区域在保持相对稳定的条件下,环境资源所能容纳的人口和经济规模的大小,是资源环境承载力评价的主要组成部分。本研究选择工业废水排放总量、工业废气排放总量、建成区绿化覆盖率和化肥施用量4个指标反映安徽省的环境承载力大小;在复合生态系统中,人类的社会经济行为是生态系统发展变化的主要因素,是决定资源环境承载力强弱以及能否可持续发展的关键要素。社会承载力主要包括人口规模和社会进步两个方面,由此选择人口密度、城镇化水平、恩格尔系数和每万人拥有高等学校在校学生人数4个评价指标,描述安徽省社会发展状况;经济承载力主要涉及区域经济发展的速度、规模和效率等方面,归结为人均GDP、社会固定资产投资总额、城镇居民可支配收入和农民人均纯收入4个指标(表1)。

### 1.3 数据来源与标准化处理

本研究各项评价指标数据主要来源于安徽省统计年鉴(2017年)、中国统计年鉴(2017年)、中国城市统计年鉴(2016年)、安徽省各市国民经济和社会发展统计公报(2016年)、安徽省环境状况公报(2017年)。

由于各评价指标性质不同,单位不同,数量级也存在明显差别,不能进行直接比较。因此,采用极值法对指标层数据进行标准化处理,具体公式如下:

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

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

式中,  $x_{ij}'$  为第  $i$  个评价单元第  $j$  个指标的标准化值,  $x_{ij}$  为第  $i$  评价单元第  $j$  个指标的原始值。  $x_{\min}$  为  $x_{ij}$  中的最小值,  $x_{\max}$  为  $x_{ij}$  中的最大值。

### 1.4 基于熵权法确定指标权重

资源环境承载力的大小受资源、环境、社会和经济 4 个方面因素的影响,不同的影响因素对于不同地区的资源环境承载力的影响程度也各有差异。因此需要估算和确定安徽省资源环境承载力指标权重,目前计算指标权重的方法包括主观赋权法(专家打分法、层次分析法等)和客观赋权法(主成分分析法、均方差法等)。由于本研究采用的是安徽省统计数据,因此采用客观赋权法中的熵权法来确定各指标的权重。熵权法公式如式(3)至式(5)所示。

$$f_{ij} = \frac{x_{ij}'}{\sum_{j=1}^n x_{ij}'}, \quad j=1, 2, \dots, n \quad (3)$$

$$H_i = -k f_{ij} \ln f_{ij}, \quad j=1, 2, \dots, n \quad (4)$$

$$w_i = \frac{1 - H_i}{m - \sum_{i=1}^m H_i}, \quad i=1, 2, \dots, m \quad (5)$$

其中,  $f_{ij}$  表示指标的特征比重,  $H_i$  为信息熵,  $k$  为调节系数,  $k = \frac{1}{\ln n}$ ,  $w_i$  为评价指标的权重,  $m$  为评价指标数,  $n$  为评价年份数,其中令  $\ln 0 = 0$ 。

根据上述公式,计算出该评价体系的指标权重,如表 1 所示。

### 1.5 基于突变级数模型的承载力计算

突变级数法是一种对评价目标进行多层次分解,利用突变理论和模糊数学相结合产生突变隶属函数,通过归一化公式计算出综合值,从而对评价目标进行排序分析的一种综合评价方法。其主要思想是将研究目标的评价体系划分为多层次结构,通过对每一层级中各指标间的相互对比,对其重要程度进行排序,并按照“大中取小”或“互补”的原则测算出每一层级的综合值,由低层级向高层级逐级计算,最高层级即为研究对象层。由于每个层级包含的指标数量不同,因此常见的突变模型包括折叠突变模型、尖点突变模型、燕尾突变模型和蝴蝶突变模型(表 2)。

其中,  $x$  为状态变量,  $f(x)$  为模型状态变量  $x$  的势函数,系数  $a, b, c, d$  为该状态变量的控制变量(即各子指标)。

该方法将定性分析与定量分析结合,计算过程简便精确,结果具有科学性和合理性,提高了评价结果的定量化程度,同时又避免了因权重确定造成的

表 1 安徽省各市资源环境承载力评价指标体系

目标层	准则层	指标层	单位	指标属性	权重
资源环境 承载力	经济承载力 0.402	社会固定资产投资总额	万元	+	0.147
		农民人均纯收入	元	+	0.099
		城镇居民可支配收入	元	+	0.089
		人均 GDP	元/人	+	0.067
	社会承载力 0.215	每万人拥有高等在校生数	人	+	0.092
		城镇化水平	%	-	0.055
		恩格尔系数	%	+	0.015
	资源承载力 0.249	人口密度	人/km <sup>2</sup>	-	0.053
		人均水资源量	m <sup>3</sup> /人	+	0.150
		人均耕地面积	hm <sup>2</sup> /人	+	0.049
		垦殖系数	%	+	0.035
	环境承载力 0.134	建成区面积	km <sup>2</sup>	-	0.015
		化肥施用量	t	-	0.033
		建成区绿化覆盖率	%	+	0.060
		工业废气排放总量	m <sup>3</sup>	-	0.023
		工业废水排放量	t	-	0.018

表 2 突变级数法相关公式

突变模型	控制变量	势函数	归一化方程
折叠突变	1	$f(x)=x^3+ax$	$x^a=a^{\frac{1}{2}}$
尖点突变	2	$f(x)=x^4+ax^2+bx$	$x^a=a^{\frac{1}{2}}, x^b=b^{\frac{1}{3}}$
燕尾突变	3	$f(x)=\frac{1}{5}x^5+\frac{1}{3}ax^3+\frac{1}{2}bx^2+cx$	$x^a=a^{\frac{1}{2}}, x^b=b^{\frac{1}{3}}, x^c=c^{\frac{1}{4}}$
蝴蝶突变	4	$f(x)=\frac{1}{6}x^6+\frac{1}{4}ax^4+\frac{1}{3}bx^3+\frac{1}{2}cx^2+dx$	$x^a=a^{\frac{1}{2}}, x^b=b^{\frac{1}{3}}, x^c=c^{\frac{1}{4}}, x^d=c^{\frac{1}{5}}$

人为主观影响。根据上文构建的评价指标体系,本研究选取蝴蝶突变模型将标准化数值按其权重大小依次代入归一化方程,计算出准则层的单要素承载力值,同理再把准则层数据按其权重大小代入方程,最终得出安徽省 16 个行政单元的资源环境承载力综合值,其综合值越大,说明该市资源环境系统对其社会经济的承受能力越强,从而进一步分析综合值,划分评价区域并提出相应建议。

1.6 资源环境承载力测算结果

根据上述 16 个指标的权重进行排序,并将 2014 年安徽省 16 个行政单元数据带入蝴蝶突变模型中,可得到安徽省各市资源环境承载力的综合评价结果,如表 2 所示。

表 2 2014 年安徽省各市资源环境承载力综合值测算结果

行政单元	经济承载力	社会承载力	资源承载力	环境承载力	资源环境承载力
合肥市	0.976	0.901	0.428	0.744	0.754
淮北市	0.565	0.590	0.631	0.900	0.752
亳州市	0.398	0.437	0.731	0.602	0.631
宿州市	0.422	0.333	0.697	0.743	0.649
蚌埠市	0.676	0.763	0.718	0.755	0.822
阜阳市	0.193	0.494	0.668	0.609	0.439
淮南市	0.554	0.781	0.700	0.731	0.744
滁州市	0.534	0.757	0.807	0.692	0.730
六安市	0.284	0.696	0.766	0.863	0.533
马鞍山市	0.857	0.814	0.698	0.447	0.851
芜湖市	0.865	0.845	0.687	0.801	0.882
宣城市	0.603	0.684	0.789	0.875	0.776
铜陵市	0.709	0.772	0.645	0.924	0.842
池州市	0.572	0.805	0.799	0.933	0.757
安庆市	0.513	0.713	0.736	0.832	0.716
黄山市	0.598	0.779	0.498	0.986	0.773

分为优、良、一般、差 4 个等级,采用 ArcGIS 软件,将测算结果等级与各行政单元进行耦合,得到各市资源承载力系统、环境承载力系统、经济承载力系统、社会承载力系统和资源环境承载力系统等级图(图 1 至图 5)。



图 1 经济承载力等级分布



图 2 社会承载力等级分布

2 结果与分析

由于突变级数模型计算出的综合值较高,数值差异较小,为了更加直观的表达资源环境承载力,并使研究更具实用价值,本研究借鉴相关研究<sup>[24-26]</sup>,运用自然间断点分级法将各个评价结果按数值区间划

由表 2 可以看出,2016 年安徽省各市资源环境承载力综合值总体处于[0.439,0.882],其中马鞍山市、芜湖市和铜陵市位于前列,分别为 0.851、0.882 和 0.842;阜阳市承载力综合值最低,为 0.439,表明 2016 年阜阳市的资源环境所能承受的该地区社会经济活动的的能力最弱。安徽省资源环境承载力空间分布上呈现出由东南向西北逐渐降低的态势,整体水平较好。具体表现为 16 个行政单元中,达到“良”等级以上的城市占总体的 87.5%。产生该现象的主要原因是,经济承载力对资源环境承载力的影响最大,经济承载力等级越高,其资源环境承载力等级也相对越高,因此呈现出由合芜马铜等东南部经济发达城市向阜阳、六安等经济欠发达城市逐渐降低的趋势。从图 1 至图 4 可以看出,经济发达、承载力较高的城市,其环境承载力却处于较低水平。以马鞍山市为例,2016 年马鞍山市的人均 GDP 高达 65 833 元/人,社会固定资产投资总额达 1 133.15 亿元,城镇居民可支配收入达 38 142 元,经济承载力全省第二,但同时马鞍山市的工业废水和废气排放总量分别为 7 557.72 万 t 和 6 056.15 亿 m<sup>3</sup>,均为全省前列,因此导致其环境承载力排名落后。但整体来看安徽省的资源环境承载力处于较高水平,是安徽省逐渐重视经济发展速度与环境保护力度相协调的结果。近年来,安徽省在推动经济平稳持续较快发展的同时,实行最严格的环境保护制度,持续推进大气污染防治行动计划,深入实施水污染防治行动计划,逐渐加快建设资源节约型、环境友好型社会,推进安徽省资源环境与社会经济有机统一。

从经济承载力系统来看,综合值整体处于

[0.193,0.976],地区差异显著,合肥市、芜湖市、马鞍山市的经济承载力位于领先水平。主要是因为以合肥市为中心的经济圈是全省经济增长的核心,这些城市经济发展速度与发展水平匹配程度高,经济基础好,用于经济活动的投资金额和力度明显高于其他城市,同时国民生产总值居全省前列,因此提高了城镇居民可支配收入和农民人均纯收入,从而导致其经济承载力相对高于其他城市。而阜阳市、六安市、亳州市和宿州市 2016 年的经济承载力全省最差,其中阜阳市和六安市的农民人均纯收入分别为 9 776 和 9 960 元/人,人均 GDP 仅为 17 642 和 23 298 元/人,远远低于 2016 年安徽省平均水平(41 493.6 元/人),同时第三产业占国民生产总值的



图 4 环境承载力等级分布



图 3 资源承载力等级分布

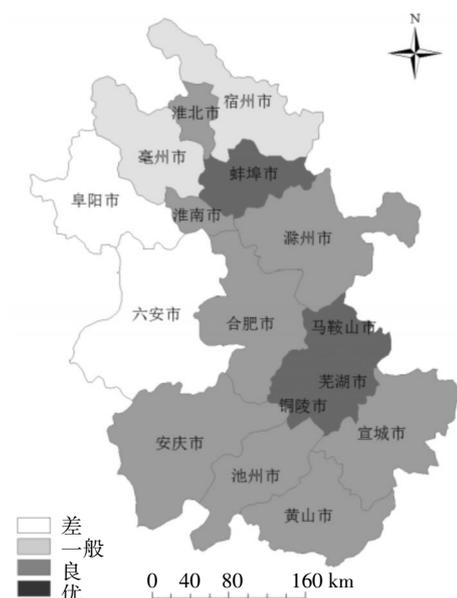


图 5 资源环境承载力等级分布

比重相对较小,经济实力较弱,从而导致经济承载力相对较低。

从社会承载力系统来看,整体处于[0.333, 0.901],地区差异同样较为明显,“良”等级以上的城市占 43.75%,说明安徽省社会承载力整体水平一般,其中合肥市的社会承载力综合值最高,阜阳市、亳州市、宿州市最低。从图 1 与图 2 可以看出,社会承载力同经济承载力具有一定的关联性,经济承载力较高的城市,其社会承载力大部分也比较高,反之亦然。例如亳州市、阜阳市两个城市,其经济实力相对较为薄弱,城镇化水平较低,社会投资额相对较少,导致交通、医疗、教育等社会基础设施差,加之这些城市的人口压力较大,使得其社会承载力低于安徽省整体水平。

从资源承载力系统来看,整体处于[0.428, 0.807],由图 3 可知,68.75%的城市属于“良”等级以上的水平,说明安徽省资源承载力较强,其中滁州市、池州市、六安市和宣城市属于“优”等水平,合肥市、黄山市属于“差”等水平。近年来由于城市发展的需要,合肥市政府不断建厂引资、设立经济开发区,扩大建成区面积,同时耕地面积随着城市发展也逐年减少,垦殖系数下降,因此共同导致了合肥市资源承载力 2016 年处于最低水平。

从环境承载力系统来看,整体处于[0.447, 0.986],50%的城市环境承载力处于“良”等以上,环境承载力整体处于中等水平。从图 4 可以看出,安徽省环境承载力由皖南地区向皖北地区逐渐降低,这是因为皖南地区经济发达,旅游资源丰富,政府对于皖南生态环境的保护力度大,用于建成区绿化覆盖、工业污水处理等环境治理的专项资金多,而皖北地区煤炭、矿产等资源丰富,工业企业较多,工业废水、废气排放总量高于皖南地区,同时用于环境治理投资又少于皖南地区,因此出现环境承载力由南向北降低的态势。

### 3 安徽省功能区域划分

推进功能区域划分,有利于提升全省土地资源空间开发格局,促进经济社会活动与资源环境承载力相协调,推动人口、经济、资源环境空间均衡发展。安徽省地处华东,毗邻江苏、浙江等省份,良好的区位优势及投资环境使其成为长江三角洲城市群的发展要地,经济发展迅速,但同时也引发了一系列城市问题。为保证城市发展资源环境之间的协调性,近年来安徽省政府相应颁布了《创新驱动发展工程实施方案》《安徽省人民政府关于加快发展循环经济的若干意见》等文件。本研究结合 5 个承载力系统的分

析结果和安徽省的实际情况,借鉴相关研究成果<sup>[23-25]</sup>,将 16 个行政单元划分为优化开发区、重点开发区和适度开发区,并据此提出相应发展建议。

#### 3.1 优化开发区

此区域包括合肥市、芜湖市、马鞍山市和铜陵市。合肥市是安徽省的政治经济中心,全省经济发展的龙头城市,评价结果显示资源-环境-经济-社会承载能力相对较强,为全国创新型城市试点城市之一;芜湖市、马鞍山市和铜陵市资源环境承载力综合值分别位于全省前三位,位于以合肥市为中心的经济圈内,具有良好的经济基础,资源环境承载力强且发展潜力较大。对于此类城市,应在保证经济发展速度的同时,提高经济增长的质量和效益,大力发展创新产业,积极引导高校、研究所参与到科技创新建设中来,使其发挥能动性;改善经济结构,结合循环经济发展模式,逐年加大对循环经济的投入,采取扶持措施,促进生产、消费、再生产等环节向可持续方向发展,合理制定一二三产业用地政策;转变资源再生型城市(马鞍山市)的经济发展方式,积极发展第三产业,逐步淘汰高污染、高能耗产业,优化经济结构,使其逐步走向绿色环保低碳的可持续发展道路。

#### 3.2 重点开发区

此区域包括滁州市、亳州市、蚌埠市、淮南市、淮北市和宣城市 6 个城市。滁州市、亳州市和宣城市近年来经济实力不断增强,经济-社会承载能力良好,对现代产业的发展能够提供较好的资源环境条件,2010 年以来相继提出了加快科技创新、推动产业转型升级等政策,印发了《关于大力提升科技型中小企业技术创新力的建议》《关于加快众创空间发展服务实体经济转型升级的实施意见》等文件。蚌埠市、淮南市和淮北市 3 个城市城镇化速度较快,第二产业发达,2016 年第二产业占生产总值的比值分别为 43.95%、51.46%、47.17%。这些地区今后发展过程中,可作为承接全省经济和人口专业的地区,充分发挥合芜马铜地区的辐射带动作用,加快经济发展,进一步发展高新技术产业、增加高等院校数量,提高城市生态环境条件,减少城市化工业化过程中产生的城市污染。

#### 3.3 适度开发区

此区域包括池州市、安庆市、黄山市、阜阳市、六安市和宿州市。该区域资源环境承载力和经济发展能力一般,但在全省范围内仍具有较高的生态服务价值和粮食安全意义。其中,宿州市作为全省的农业大市,第一产业比重大,在今后发展中要创造具有竞争力的产品,引入高新技术,提高技术设备和信息化水平、加快转变农业的发展方式,以促进产业创新发

展,构建现代化流水线,加快城市转型。此外黄山市、池州市和安庆市位于安徽省西南部,文化底蕴深厚,旅游资源丰富,建成区绿化覆盖率高,工业三废排放量较少,环境污染小,第三产业比重较大,因此应继续发挥第三产业对其城市发展的带动作用,同时注重生态环境建设,打造全省生态服务型示范城市;相反,阜阳市和六安市资源环境承载力都处于较低等级,据此政府应加大力度开展一系列项目引导城市第三产业的快速发展,整体水平低下,人口压力大,城镇化水平略低,医疗卫生、教育等基础设施相对较差,因此发挥亳州皖北中心城市和合肥经济圈的带动作用,促进基础设施建设。

## 4 结论与讨论

安徽省各市资源环境承载力测算结果表明,安徽省资源环境承载力水平较好,整体处于[0.439, 0.882],良等以上水平城市共 12 个,其中芜湖市最优、阜阳市最差,呈现出由东南向西北逐渐降低的趋势。从 4 个子系统来看,经济承载力系统对资源环境承载力的影响最强,权重达 40.2%,而环境承载力系统的影响最弱,权重为 13.4%。同时,经济承载力同资源承载力在一定程度上呈负相关,经济承载力高的城市,其资源承载力均较低;安徽省西北部城市的环境承载力和社会承载力水平处于全省较低水平。本研究基于资源环境承载力评价结果,结合相关政策文件与研究成果,将安徽省划分为优化开发区、重点开发区和限制开发区 3 大功能区,其中合肥市、芜湖市、马鞍山市和铜陵市为优化开发区,滁州市、亳州市、蚌埠市、淮南市、淮北市和宣城市为重点开发区,池州市、安庆市、黄山市、阜阳市、六安市和宿州市为适度开发区,并依据不同城市的特点,提出了未来发展的建议,对于安徽省制定合理的规划、城市可持续发展具有一定的意义。

近年来,资源环境承载力研究在城市空间发展规划及功能区域划分等方面受到了越来越多的重视,因此构建资源环境承载力指标体系,进行综合评价十分重要。当前阶段资源环境承载力评价并无统一指标体系,指标选取的多寡对于评价结果也有一定的影响。本研究在充分研究安徽省资源禀赋、环境状况及城市发展规划的基础上,从资源、环境、经济和社会 4 个方面选取了 16 个指标进行承载力评价。但是,资源环境是十分复杂的系统,指标体系和评价方法也不能完全反映研究区域资源环境承载力水平,因此在今后研究中仍需不断地完善指标体系,尝试不同评价方法进行对比分析,使研究更加深入。同时仍需注意到,在经济快速发展的大背景下,要进一

步研究资源环境承载能力监测预警长效机制,有效规范空间开发秩序,合理控制空间开发强度,才能制定出有效的、合理的城市未来发展规划,保障生态文明建设的顺利进行。

### 参考文献:

- [1] 叶京京.中国西部地区资源环境承载力研究[D].成都:四川大学,2007.
- [2] 程一松,胡春胜.河北省中南部农业环境承载力研究[J].中国生态农业学报,2000,8(3):63-66.
- [3] BICKNELL K B,BALL R J,CULLEN R,et al. New methodology for the ecological footprint with an application to the New Zealand economy [J].Ecological Economics,1998,27(2):149-160.
- [4] 王 辉,林建国.旅游者生态足迹模型对旅游环境承载力的计算[J].大连海事大学学报,2005,31(3):57-61.
- [5] 张 红,陈嘉伟,周 鹏.基于改进生态足迹模型的海岛城市土地承载力评价——以舟山市为例[J].经济地理,2016,36(6):155-160.
- [6] 熊建新,陈端吕,谢雪梅.基于状态空间法的洞庭湖区生态承载力综合评价研究[J].经济地理,2012,32(11):138-142.
- [7] 闵庆文,余卫东,张建新.区域水资源承载力的模糊综合评价分析方法及应用[J].水土保持研究,2004,11(3):14-16.
- [8] YE W,XU X Y,WANG H X,et al. Quantitative assessment of resources and environmental carrying capacity in the northwest temperate continental climate ecotope of China[J].Environmental Earth Sciences,2016,75(10):1-15.
- [9] 陆建芬.资源环境承载力评价研究[D].合肥:合肥工业大学,2012.
- [10] LANE M. The carrying capacity imperative:Assessing regional carrying capacity methodologies for sustainable land-use planning[J].Land Use Policy,2010,27(4):1038-1045.
- [11] 石汝杰.基于三角白化权函数的重庆市水资源承载力灰色聚类评价[J].中国农业资源与区划,2015,36(6):22-29.
- [12] 刘叶志.矿产资源承载力评价及其环境约束分析——以福建省煤炭资源为例[J].闽江学院学报,2012,33(3):43-48.
- [13] 董 文,张 新.池天河.我国省级主体功能区划的资源环境承载力指标体系与评价方法[J].地球信息科学学报,2011,13(2):177-183.
- [14] 吕敬堂,吕大明,刘海萍.贵阳市生态环境资源承载能力分析[J].中国农业资源与区划,2014,35(2):24-28.
- [15] 曹月娥,塔西甫拉提·特依拜,杨建军,等.新疆土地利用总体规划中的区域资源环境承载力分析[J].干旱区资源与环境,2008,22(1):44-49.
- [16] 王红旗,田雅楠,孙静雯,等.基于集对分析的内蒙古自治区资源环境承载力评价研究[J].北京师范大学学报(自然科学版),2013,49(2):292-296.
- [17] 余晓霞.宁夏沿黄城市带资源环境承载力研究[D].银川:宁夏大学,2009.
- [18] 周 侃,樊 杰.中国欠发达地区资源环境承载力特征与影响因素——以宁夏西海固地区和云南怒江州为例[J].地理研究,2015,34(1):39-52.
- [19] 郭 轲,王立群.京津冀地区资源环境承载力动态变化及其驱动因子[J].应用生态学报,2015,26(12):3818-3826.
- [20] 王立东,苏春利,谭志容,等.黄河三角洲地质资源环境承载力评价[J].山东国土资源,2015,31(3):38-41.

王普查,瞿彤,金姗姗.基于 SBM-Undesirable 模型的省际农业用水效率比较及节水潜力研究[J].湖北农业科学,2018,57(22): 171-176.

# 基于 SBM-Undesirable 模型的省际农业用水效率比较及节水潜力研究

王普查<sup>1</sup>,瞿彤<sup>1</sup>,金姗姗<sup>2</sup>

(1.河海大学企业管理学院,江苏 常州 213000;2.河海大学商学院,南京 210000)

**摘要:**为缓解中国农业用水短缺与污染状况,落实国家水安全战略和保证粮食安全,运用考虑非期望产出的 SBM-Undesirable 模型,比较研究了中国省际农业用水效率和农业用水优化路径。从全要素的角度出发,在识别主要影响农业用水效率因素的基础上,设计模型的投入指标并测算 2011—2014 年中国大陆 31 个省(区、市)的农业用水效率。结果表明,中国农业用水效率总体呈上升趋势,但仍然具有较大的提升空间,各个省(区、市)的农业用水效率呈现不同的发展趋势,新疆、江苏、广东等省份的农业用水效率提升空间大,具有很大的节水潜力。基于农业用水效率的实证结果和污染排放指标,对未达到农业用水效率有效前沿面的 25 个省份进行聚类分析,将 25 个省份的农业用水方式分为低农业用水效率-低污染排放、低农业用水效率-高污染排放类型、高农业用水效率-低污染排放类型和高农业用水效率-高污染排放类型四类,并分别提出了农业用水优化策略。

**关键词:**非期望产出;农业用水效率;节水潜力;SBM-Undesirable 模型;聚类分析

中图分类号:F323.21

文献标识码:A

文章编号:0439-8114(2018)22-0171-06

DOI:10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2018.22.044

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Research on Agricultural Water Use Efficiency in China Based on SBM-Undesirable Model

WANG Pu-cha<sup>1</sup>, QU Tong<sup>1</sup>, JIN Shan-shan<sup>2</sup>

(1. Enterprise Management Institute, Hohai University, Changzhou 213000, Jiangsu, China;

2. Business Institute, Hohai University, Nanjing 210000, China)

**Abstract:** To alleviate agricultural water shortage and pollution and ensure food security, this paper use the SBM-Undesirable model to estimate the agricultural water use efficiency for China's 31 provinces from 2011 to 2014. Some conclusions are as follows: During research period, the agricultural water use efficiency in China is rising, but still has a large space to improve. The trend of efficiency of different provinces is various and Xinjiang, Jiangsu and Guangdong have great water-saving potential. Then we cluster 25 provinces which are not achieving the effective frontier into four categories by clustering analysis. Respectively, the optimization strategy of agricultural water are put forward.

**Key words:** undesirable outputs; agricultural water use efficiency; water-saving potential; SBM-Undesirable model; cluster analysis

收稿日期:2018-04-27

作者简介:王普查(1964-),男,湖南湘潭人,教授,硕士,主要从事经济统计分析、循环经济等研究,(电话)13651502346(电子信箱)czcpu@126.com.

[21] 李悦,成金华,席晶.基于 GRA-TOPSIS 的武汉市资源环境承载力评价分析[J].统计与决策,2014(17):102-105.

[22] 狄乾斌,韩帅帅.城市经济承载力的综合评价及其时空差异研究——以我国 15 个副省级城市为例[J].经济地理,2015,35(9):57-64.

[23] 刘涛.区域相对资源承载力研究方法初探——以山东省为例[J].理论学习,2002(2):33-34.

[24] 刘承良,熊剑平,龚晓琴,等.武汉城市圈经济—社会—资源—环境协调发展性评价[J].经济地理,2009,29(10):1650-1654.

[25] 赵宏波,马延吉,苗长虹.基于熵值-突变级数法的国家战略经济区环境承载力综合评价及障碍因子——以长吉图开发开放先导区为例[J].地理科学,2015,35(12):1525-1532.

[26] 曹旭.中国循环经济区域发展模式比较研究——以辽宁省为例[J].城市发展研究,2011,18(11):142-145.