

产业转出地与承接地水环境承载力及其障碍度评价

袁汝华^{1,2}, 马城楠^{1,2}, 陈建明^{1,2}

(1. 河海大学商学院, 江苏 南京 211100; 2. 河海大学水利经济研究所, 江苏 南京 211100)

摘要:以苏州和宿迁两市为例,基于 Vague 集 TOPSIS 法探讨了产业转移过程中转出地与承接地水环境承载力的动态变化以及障碍情况,以期提供相应理论指导。研究发现:随着产业转移的推进,苏州和宿迁的水环境承载力水平均呈现出上升态势,实现“双赢”,虽然苏州的整体水环境承载力水平要高于宿迁,但增长幅度明显较小;在障碍度方面,苏州的主要障碍集中在资源子系统和环境子系统,而宿迁的主要障碍则集中在经济子系统和资源子系统,亟待优化、改善。

关键词:Vague 集;TOPSIS 法;产业转出地;产业承接地;水环境承载力;障碍分析

中图分类号:TV213.4

文献标志码:A

文章编号:1003-9511(2020)01-0061-07

区域协调发展是现代化经济体系的主要特征和重点内容,也是江苏省一直以来所尊崇的经济发展方针,更是实现经济高质量发展的必由之路。而产业转移作为经济先发地区和后发地区之间实现人力、资本、技术等高级要素互动对接的有效途径以及助推区域协调发展的关键手段,对于江苏省这类南北发展差异明显的省份而言,是必不可少的。但是,产业转移在促进产业转出地结构升级和产业承接地经济发展的同时,也会对生态环境造成一定的影响。而水环境作为社会经济系统赖以生存和发展的基本要素,尤其是在江苏省贯彻落实生态高质量发展以及最严格水资源管理制度的背景下,其承载能力对于区域发展意义重大。

近年来,学术界关于产业转移问题的研究主要集中在其本身的生态环境效应方面。国外的研究侧重于污染产业转移与环境规制间的关系以及国际产业转移“污染天堂”的假说验证。如 Afash 等^[1]主要考察了不同国家的环境规制政策,在此基础上衡量各项政策对污染产业转移的限制和影响。Suri 等^[2-3]通过理论分析和实证检验,对“污染天堂”假说进行了论述和验证。

国内一直注重区域协调发展,产业转移的实践相对较多,因此,对产业转移生态环境效应的研究主要针对特定区域进行。如李斌^[4]基于“生态-经济”风险演化视角,探讨了中西部地区在承接产业转移

过程中的环境风险演化机理。任雪萍等^[5]以皖江城市带为例,借助环境库兹涅茨曲线,对产业承接地的生态环境效应进行分析,探讨了产业转移与生态质量之间的关系。吴传清等^[6]采用生态 DEA 模型以及面板 Tobit 模型,探究了产业转移对长江经济带中上游地区整体生态效率的影响。宋来敏等^[7]以合肥为例,围绕经济环境、生产环境和生活环境 3 个方面进行环境承载力评价分析,并基于优劣关系属性,明确了产业转移背景下影响当地环境承载力的关键因子。此外,也有部分学者将关注点聚焦到水环境层面,探讨了产业转移对承接地水环境的具体影响。如周劲风等^[8]以肇庆市为例,采用因子分析方法对其承接产业转移工业园后的水环境承载力变化情况进行分析,并提取 3 个关键因子。季健等^[9]基于 PSIR 模型,从压力、状态、影响和响应 4 个因素之间的逻辑关系出发,全面、深入地分析了苏南地区产业转移给灌河流域水环境带来的影响。尹翠琴等^[10]在实地调查广州花都狮岭(江城)产业转移工业园水环境现状的基础上,建立了水环境承载力量化计算指标体系模型,采用层次分析法确定每个指标的权重,用数理统计方法将指标进行无量纲化处理,计算该产业转移园现状年和预测年的水环境承载力综合指数。武瑶等^[11]以哈大齐工业走廊为研究对象,构建产业转移的水环境风险评估模型,并通过定量评价明确了各个风险小区的水环境风险源

基金项目:国家自然科学基金(71774048)

作者简介:袁汝华(1962—),男,教授,研究员,主要从事水利经济、水能技术经济研究。E-mail:yrh@hhu.edu.cn

总的来看,学术界关于产业转移环境效应的研究成果相对较多,但具体到水环境层面的研究成果明显偏少。而且,关于产业转移环境效应的研究多以产业承接地为主,鲜少以产业转出地为视角。因此,选择江苏省最具代表性的产业转出地和产业承接地——苏州和宿迁,从两个方面对现有研究成果进行延伸和拓展:一是聚焦水环境层面,并基于产业转移视角,探讨水环境承载力的状态变化;二是兼顾产业转出地和产业承接地,明确产业转移对二者水环境承载力的作用和影响情况。

1 指标体系构建与评价方法

1.1 指标体系构建

纵观学术界关于水环境承载力的研究可以发现,虽然准则层的制定有所差异,但是总体上可以归为四类,即经济子系统、社会子系统、资源子系统以及环境子系统^[12-17]。一般而言,产业转移以工业项目转移为主,无论是转出地还是承接地,其经济结构均会发生明显变化,对水环境产生相应压力。同时,产业的成功转移,无论是对产业转出地还是承接地,均意味着人口密度的变迁和就业结构的调整,这就对水资源产生更多需求。在经济子系统和社会子系统的共同作用下,一方面使得资源子系统面临强烈的供水压力,另一方面又会对水生态环境产生影响,最终导致整个区域水环境承载力的动态变化。

参考已有研究成果,结合产业转移在经济、社会、资源、环境等方面对水环境的具体影响,并考虑工业类项目在产业转移过程中的主导地位 and 频繁次数,对相关指标进行重新甄选、分类,同时依据科学性、代表性以及可操作性等原则,从正向影响和负向反馈两个层面构建产业转移视角下的水环境承载力评价指标体系,如表1所示。

1.2 评价方法

1.2.1 指标权重确定

熵权法是一种客观赋权方法,主要通过度量指标观测值的信息量大小来衡量指标本身的变异程度^[18],并以此为基础进行权重的确定。一般来说,某项指标的熵值越小,能够提供的有效信息就越多,对应的权重也就越大。具体计算过程如下。

1.2.1.1 归一化处理

区分效益型指标和成本型指标,分别进行归一化处理,原则如下。

若 u_{ij} 为效益型指标:

$$u'_{ij} = \frac{u_{ij} - u_i^{\min}}{u_i^{\max} - u_i^{\min}} \quad (1)$$

目标层	准则层	指标层	指标性质
经济子系统		万元工业增加值用水量 U_1 (m^3)	负向(成本型)
		万元 GDP 用水量 U_2 (m^3)	负向(成本型)
		工业用水重复利用率 U_3 (%)	正向(效益型)
		第三产业产值比重 U_4 (%)	正向(效益型)
		第三产业增长率 U_5 (%)	正向(效益型)
社会子系统		人口密度 U_6 ($\text{人}/\text{km}^2$)	负向(成本型)
		人口增长率 U_7 (%)	负向(成本型)
		排水管道密度 U_8 (km/km^2)	正向(效益型)
		环境投资保护指数 U_9 (%)	正向(效益型)
水环境承载力		供水管道长度 U_{10} (km)	正向(效益型)
		工业用水总量 U_{11} (亿 m^3)	负向(成本型)
资源子系统		生活用水总量 U_{12} (亿 m^3)	负向(成本型)
		水资源总量 U_{13} (亿 m^3)	正向(效益型)
		年降水量 U_{14} (亿 m^3)	正向(效益型)
		供水模数 U_{15} (万 m^3/km^2)	正向(效益型)
环境子系统		工业废水排放总量 U_{16} (亿 t)	负向(成本型)
		生活污水排放总量 U_{17} (亿 t)	负向(成本型)
		工业废水处理量 U_{18} (亿 t)	正向(效益型)
		生态环境用水量 U_{19} (亿 m^3)	正向(效益型)
		污水集中处理率 U_{20} (%)	正向(效益型)

若 u_{ij} 为成本型指标:

$$u'_{ij} = \frac{u_i^{\max} - u_{ij}}{u_i^{\max} - u_i^{\min}} \quad (2)$$

式中: u_{ij} 为第 i 项指标在第 j 年的实际观测值; u_i^{\max} 和 u_i^{\min} 分别为第 i 项指标的最大值和最小值; u'_{ij} 为第 i 项指标在第 j 年的归一化标准值, $i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m$ 。

1.2.1.2 计算熵值大小

$$q_{ij} = u'_{ij} / \sum_{j=1}^m u'_{ij} \quad (3)$$

$$H_i = - \frac{1}{\ln m} \sum_{j=1}^m (q_{ij} \ln q_{ij}) \quad (4)$$

式中: q_{ij} 为第 i 项指标在第 j 年的特征比重, H_i 为第 i 项指标的熵值。

1.2.1.3 确定权重值

$$\omega_i = \frac{1 - H_i}{\sum_{i=1}^n (1 - H_i)} \quad (5)$$

式中 ω_i 为第 i 项指标的权重值。

1.2.2 模型选择

1.2.2.1 基于 Vague-TOPSIS 法的水环境承载力计算模型

Vague 集是在兼顾隶属信息与非隶属信息的基础上,对不确定性问题或模糊性问题进行评价分析的一种方法^[19]。与传统模糊集相比,该方法具备更加形象的表征能力和更为精准的信息反映。评价分析的具体步骤如下。

a. 区分效益型指标和成本型指标,将原始数据

转化为 Vague 值,原则如下。

若 u_{ij} 为效益型指标:

$$v_{ij} = [t_{ij}, 1 - f_{ij}] = \left[\frac{(u_{ij} - u_i^{\min})^2}{(u_i^P - u_i^R)^2}, 1 - \frac{(u_{ij} - u_i^{\max})^2}{(u_i^P - u_i^R)^2} \right] \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (6)$$

若 u_{ij} 为成本型指标:

$$v_{ij} = [t_{ij}, 1 - f_{ij}] = \left[\frac{(u_{ij} - u_i^{\max})^2}{(u_i^P - u_i^R)^2}, 1 - \frac{(u_{ij} - u_i^{\min})^2}{(u_i^P - u_i^R)^2} \right] \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (7)$$

式中: u_i^P 和 u_i^R 分别为第 i 项指标的最优值和最劣值; v_{ij} 为第 i 项指标在第 j 年的 Vague 值。

b. 引入 TOPSIS 正负理想解思想,以定义水环境承载力评价标准。设待评估对象集 $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$, 构造满足指标集 U_i 约束条件的正负理想对象^[20]。其中,正理想对象为 $A^+ = \{(U_1, [1, 1]), (U_2, [1, 1]), \dots, (U_n, [1, 1])\}$, 负理想对象为 $A^- = \{(U_1, [0, 0]), (U_2, [0, 0]), \dots, (U_n, [0, 0])\}$ 。

然后,根据 Vague 集之间的距离公式,确定各评估对象与 A^+ 和 A^- 之间的评价距离 D 。设待评估对象 A_j 的 Vague 集为 $A_j = \{(U_1, [t_{1j}, 1 - f_{1j}]), (U_2, [t_{2j}, 1 - f_{2j}]), \dots, (U_n, [t_{nj}, 1 - f_{nj}])\}$, 即 $A_j = \{(U_1, v_{1j}), (U_2, v_{2j}), \dots, (U_n, v_{nj})\}$ ^[21]。进而计算 A_j 到 A^+ 和 A^- 的距离 D^+ 和 D^- :

$$D_{ij}^+ = D(A_j, A^+) = D(v_{ij}, [1, 1]) \quad (8)$$

$$D_{ij}^- = D(A_j, A^-) = D(v_{ij}, [0, 0]) \quad (9)$$

$$D^+ (D^-) = \frac{1}{2} \left(|t_{ij} - t_0| + |f_{ij} - f_0| + \frac{1}{6} |\pi_{ij} - \pi_0| \right) \quad (10)$$

$$\pi_{ij} = 1 - f_{ij} - t_{ij} \quad (11)$$

式中 π_{ij} 反映的是 Vague 值的核。

c. 采用加权求和的方式计算综合评价值 R_j :

$$R_j = \sum_{i=1}^n \omega_i \frac{D_{ij}^-}{D_{ij}^+ + D_{ij}^-} \quad (12)$$

显然,当且仅当距离负理想距离越远,即综合评价价值越大时,评价结果越好。

1.2.2.2 障碍度模型

引入障碍度模型,进一步分析各项指标的影响,并识别制约水环境承载力水平的主要障碍因素^[22],为改善承载水平提供相应指导。具体计算如下:

$$d_{ij} = 1 - u'_{ij} \quad (13)$$

$$p_{ij} = d_{ij} \omega_i / \sum_{i=1}^n d_{ij} \omega_i \quad (14)$$

$$P_j = \sum p_{ij} \quad (15)$$

式中: d_{ij} 为指标偏离度,反映第 i 项指标在第 j 年的实际观测值与承载力目标值的差距; ω_i 为因子贡献度,即通过熵权法计算确定的权重; p_{ij} 和 P_j 分别为各项指标以及各分类指标在第 j 年的障碍度。显然,指标偏离度越大,实际观测值与承载力目标值的差距也就越大,该系统或该指标的障碍度也越高,就会成为阻碍水环境承载力优化的关键因子。

2 实证分析

2.1 研究区域概况

苏州和宿迁是江苏省内经济发展的两个极端,为削弱极端影响,加快现代化建设,促进区域协调发展,江苏省委、省政府要求南北建立挂钩合作,加快产业转移步伐。在这种背景下,苏州和宿迁的合作关系得到了进一步强化。

多年来,苏州和宿迁一直致力于南北合作产业转移,一方面促进苏州当地产业的转型升级,另一方面也通过资源输出的方式带动了宿迁的经济发展,而且,双方共建工业园区的方式突破了产业转移“嵌入性”的约束机制,加快了产业转出和承接的步伐。迄今为止,苏州和宿迁合作建设了以苏州宿迁工业园区为代表的 6 个省级共建园区,为两地产业转移的顺利推进提供了有效媒介。截至 2017 年底,宿迁的工业经济结构调整实现了较大突破,各类业态趋于完善,主导产业贡献明显,全市 GDP 达 2610.94 亿元,发展迅速。同时,苏州的第三产业产值比重也在逐渐提升,2016 年已突破 50%,2017 年底则达到 51.16%,产业结构优化升级明显。

在推动经济发展的同时,产业转移势必给产业转出地和承接地的水环境带来一定影响,且不同区域的水环境承载力也有所差异。据统计,近年来苏州和宿迁的年均降水量分别为 103.68 亿 m^3 和 78.58 亿 m^3 ,年均水资源量分别是 42.60 亿 m^3 和 29.88 亿 m^3 ,年均总用水量分别逼近 80 亿 m^3 和 30 亿 m^3 ,有限的地表水资源、降水的过多蒸发使得可利用的水资源更显紧缺,加上水污染现象未得到完全根治,对水环境承载力的负面影响在所难免。

2.2 数据来源

首先,根据建立的水环境承载力评价指标体系,运用熵权法界定权重,并基于 Vague 集理论和 TOPSIS 思想,分别对苏州和宿迁两市的水环境承载力水平进行综合评价,阐明其动态变化特征。其次,借助障碍度模型诊断影响两市水环境承载力水平的主要障碍因素。

评价原始数据来源于《江苏省统计年鉴》(2009—2018)、《苏州市统计年鉴》(2009—2018)、

《宿迁市统计年鉴》(2009—2018)、《苏州市水资源公报》(2008—2017)以及《宿迁市水资源公报》(2008—2017)。

2.3 水环境承载力评价

2.3.1 指标评价

就经济子系统而言,两市的绝大多数指标评价价值均呈现出上升趋势。具体来说,苏州由于转移了部分纺织、机电、化工等耗水量偏大的传统工业,加上经济发展水平较高,因此万元工业增加值用水量以及万元 GDP 用水量均有所下降。而宿迁则由于在经济水平不高的情况下承接了部分传统工业,导致万元工业增加值用水量以及万元 GDP 用水量一度较高,甚至远超苏州,而后在承接产业的过程中,由于逐步落实了最严格水资源管理等制度、战略而有所改善。此外,两市工业用水重复利用率和第三产业产值比重的逐步提升,也反映出用水节约情况以及产业优化状况,均有助于经济子系统承载力的改善。

在社会子系统方面,两市人口密度以及人口自然增长率的指标评价价值均在逐渐变低。可见,随着产业结构的优化升级,苏州的城市化进程加快,吸引了更多的外来人员;同时,产业的承接也为宿迁当地引进了专业技术人才,带动了外来人口就业,均对水环境的承载能力造成一定的负面影响。相比于苏州,宿迁的负面影响较弱。但随着环境保护投资指数等社会响应因素的优化,人口问题给水环境带来的负面影响也在逐渐减弱。

就资源子系统而言,苏州当地仍旧留存了部分传统工业,再加上先进制造业的快速发展,使得工业用水需求仍保持在较高水平;而宿迁则由于工业化水平不高,用水需求较小,再加上生态经济的推进和最严格水资源管理制度的落实,使得工业用水需求进一步缓解。同时,两市常住人口的增多,也使得当地的生活用水需求进一步加大。而作为正向响应的水资源总量、年降水量以及供水模数由于年际差异较大,未能有效缓解工业、生活用水所带来的压力。

在环境子系统方面,两市的工业废水排放总量虽然存在一定的波动,但总体水平较高,而生活污水排放总量则呈现出明显的上升趋势,因此二者的指标评价价值均不乐观,但宿迁仍优于苏州。虽然近几年苏州的污水处理率不断提升,但是由于工业废水处理量、生态环境用水量等响应因素并未完全与废水排放总量配比,因此作用效果有限。

总的来看,苏州绝大多数指标的评价结果要次于宿迁,其中,压力指标尤为突出。可见,工业化水平高的地区往往对水环境承载情况的负向影响更为

显著,正向响应因素亟需加强。

苏州、宿迁两市 2008—2017 年水环境承载力指标评价结果见图 1。

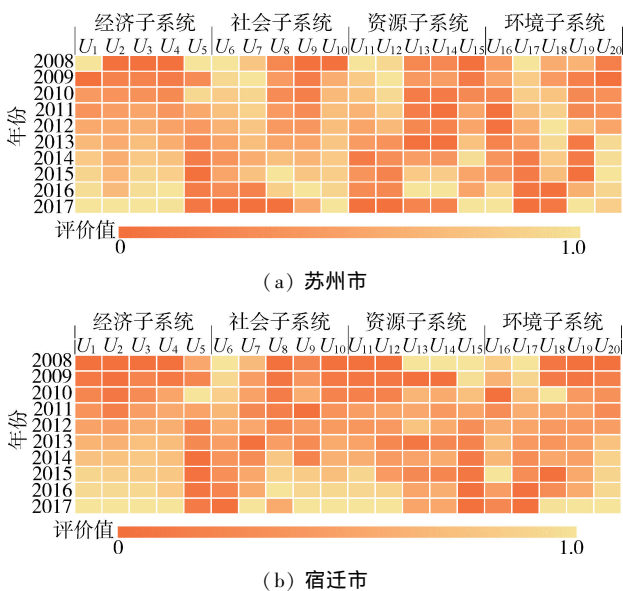


图 1 苏州、宿迁两市 2008—2017 年水环境承载力指标评价结果

2.3.2 子系统评价

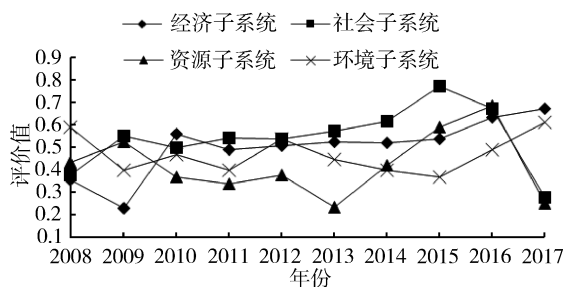
就经济子系统而言,两市的子系统评价价值均呈现出整体上升的趋势,且宿迁的增长幅度更为显著,主要是万元工业增加值用水量以及万元 GDP 用水量改善明显所致。据统计,宿迁的万元工业增加值用水量以及万元 GDP 用水量从 2008 年的 55.7 m^3 和 253.2 m^3 下降至 2017 年的 14.5 m^3 和 100.8 m^3 , 年均降低 13.89% 和 9.73%, 降幅较大,对子系统评价价值的贡献尤为显著。

在社会子系统方面,2008—2015 年间苏州的子系统评价价值整体表现出上升态势,年平均增长率为 10.93%, 而后两年由于人口因素,出现了明显下降。相比于苏州,宿迁近几年的人口增长率不断下降,人口密度也不高,因此其社会子系统的承载力在不断改善。

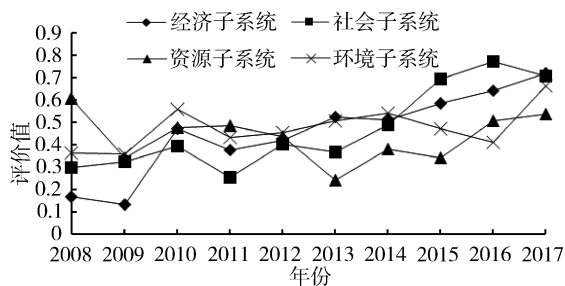
而在资源子系统方面,两市的子系统评价结果均存在较大波动,主要是水资源总量、年降水量等自然因素变动较大的原因。环境子系统与之类似,在研究期内存在一定的波动,但幅度略小。

苏州、宿迁两市 2008—2017 年水环境承载力子系统评价结果见图 2。由图 2 可见,苏州和宿迁两市在经济、社会、资源以及环境 4 个子系统评价均值分别为 0.501 6、0.540 6、0.421 0、0.468 7 以及 0.454 4、0.469 7、0.433 8、0.475 2。可见,苏州在经济和社会方面更有优势,宿迁在资源和环境方面具备更好的承载水平。但总体来看,两市各个子系统

的评价结果并不十分理想,亟待改进优化。



(a) 苏州市



(b) 宿迁市

图2 苏州、宿迁两市 2008—2017 年水环境承载力子系统评价结果

2.3.3 综合评价

a. 研究期间内,苏州、宿迁两市的水环境承载力情况总体呈现上升态势,个别年份的波动则与当年水资源总量、年降水量显著减少有关。可见,“南北挂钩合作”“南北共建工业园区”等产业转移发展战略的落实,使得苏州在向宿迁输送工业类项目的过程中实现了自身产业结构的改善、优化,加上相关经济、社会响应措施落实到位,在一定程度上改善了当地的水环境承载力水平。而宿迁作为产业承接地,接受了大量的工业项目转移,实现了各类产业的高度集聚以及现有业态的丰富扩充,使得当地的工业经济结构愈加优化,主导产业发展更具优势。且在宿迁加快工业化的进程中,当地的水环境承载力水平也在逐渐提升,可见承接转移产业不一定会对自身的水环境承载力造成负面影响。

b. 研究期间内,苏州和宿迁水环境承载力的评价价值均值分别为 0.4745 和 0.4571,总体来看,苏州的水环境承载力更高,主要是因为本身突出的社会经济发展水平能够有效应对经济和社会方面的负面影响,改善了整体的水环境承载力水平。而宿迁当地的社会经济发展水平明显低于苏州,不能很好满足稳步提升的工业化程度的需要,虽然在资源子系统与环境子系统方面存在相应的优势,但这一优势依旧未能弥补宿迁在经济子系统和社会子系统上存在的欠缺,因此整体水平要次于苏州。

c. 从图 3 不难发现,宿迁水环境承载力水平的

增长幅度要优于苏州。就苏州而言,更为发达的社会经济水平也就意味着对资源和环境更大的负面影响。由于当地水资源总量和年降水量的年际差异显著,再加上环境响应措施作用有限,水环境承载力的改善情况并不突出。而宿迁水环境承载力水平增幅明显可以从 3 个方面解释。①与苏州相比,产业转移给宿迁当地社会子系统以及资源子系统带来的人口和用水需求压力相对较小,再加上相关因素的弹性效果较好,使得当地社会及资源子系统的承载力水平更具优势。②宿迁经济的迅速提升为第三产业的快速发展和产业结构的优化升级创造了条件,缓解了当地工业化进程给水环境承载力带来的负面作用,有效提升了经济子系统的承载力水平。③在高质量发展的规划下,宿迁更为注重产业转移进程中的生态环境效应,相关水资源管理的规制有助于当地水环境承载力的优化提升。

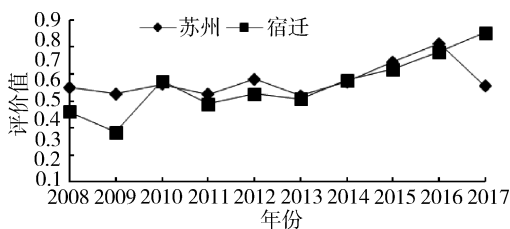


图3 苏州、宿迁两市 2008—2017 年水环境承载力综合评价结果

2.4 障碍度分析

结合准则层以及指标层各类指标对水环境承载力影响的作用大小,对苏州和宿迁两市水环境承载力的子系统障碍度及障碍因子进行分析,明确各个子系统的障碍情况,并界定出关键障碍因子,以期能够针对性加以改善,实现两地水环境承载力水平的优化。苏州、宿迁两市 2008—2017 年水环境承载力子系统障碍度见图 4。

就苏州而言,各个子系统的障碍情况均存在一定波动,且资源子系统和环境子系统的障碍度要略高于经济子系统和社会子系统,这与水环境承载力的子系统评价结果一致。结合表 2 来看,障碍因子主要包括水资源总量、年降水量、生态环境用水量等,因此,要着重关注资源、环境子系统,结合承接地的实际情况,选择性地转移高耗水量产业,并加大水环境保护力度。就宿迁而言,虽然经济子系统的障碍度整体呈现下降态势,但水平依旧较高,其他子系统的障碍度则较为波动,资源子系统的障碍度近几年均处在较高水平。同时,从表 2 也可以看出,障碍因子主要包括第三产业增长率、供水模数等。因此,在承接产业过程中,要更为关注资源子系统和经济

子系统,需结合自身实际,尽量引入与当地水环境容量配比的工业类项目,兼顾工业化水平的提升和水环境承载水平的优化,并借助经济发展带动当地产业的转型升级。此外,两市也要注意统筹兼顾,对其他障碍度水平不高的子系统予以相应关注,努力提升整体的水环境承载水平,实现协调发展。

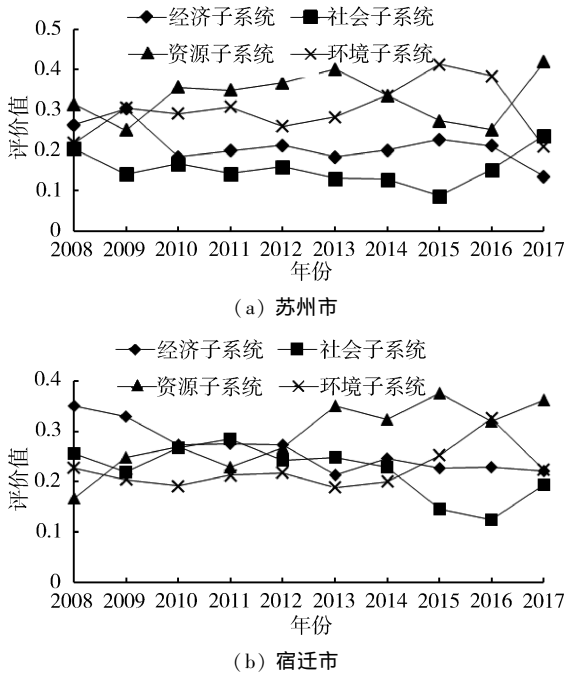


图4 苏州、宿迁两市2008—2017年水环境承载力子系统障碍度

表2 苏州市及宿迁市2008—2017年水环境承载力指标层主要障碍因子

年份	苏州					宿迁				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2008	U ₁₄	U ₁₃	U ₉	U ₄	U ₁₅	U ₈	U ₂	U ₁₈	U ₁₂	U ₁₁
2009	U ₁₉	U ₅	U ₁₄	U ₉	U ₂₀	U ₅	U ₂	U ₈	U ₁₈	U ₁₂
2010	U ₁₄	U ₁₃	U ₁₉	U ₁₆	U ₉	U ₂	U ₈	U ₁₂	U ₁₁	U ₁₀
2011	U ₁₄	U ₁₆	U ₁₃	U ₁₉	U ₉	U ₈	U ₂	U ₉	U ₅	U ₁₅
2012	U ₁₄	U ₁₆	U ₁₃	U ₅	U ₉	U ₅	U ₁₅	U ₈	U ₂	U ₁₈
2013	U ₁₄	U ₁₃	U ₁₉	U ₅	U ₁₆	U ₁₅	U ₅	U ₁₂	U ₁₃	U ₈
2014	U ₅	U ₁₉	U ₁₇	U ₁₄	U ₁₁	U ₅	U ₁₅	U ₉	U ₁₇	U ₁₂
2015	U ₅	U ₁₉	U ₁₇	U ₁₆	U ₁₂	U ₁₅	U ₅	U ₁₈	U ₁₇	U ₁₂
2016	U ₅	U ₁₇	U ₁₈	U ₁₂	U ₁₁	U ₁₇	U ₅	U ₁₇	U ₁₈	U ₆
2017	U ₁₄	U ₅	U ₁₇	U ₁₃	U ₁₂	U ₁₅	U ₅	U ₁₇	U ₆	U ₈

3 结论与建议

本文从产业转移视角出发,构建水环境承载力评价指标体系,并以苏州和宿迁两市为例,基于Vague集TOPSIS法进行实证分析,明确了两市在产业转移背景下的水环境承载力情况,并得出如下结论:①在水环境承载力评价方面,产业转出地——苏州和产业承接地——宿迁的水环境承载力水平均呈现上升态势,实现了“双赢”,虽然苏州整体的水环

境承载力水平更高,但增长幅度略低于宿迁;②在障碍度分析方面,苏州的主要障碍集中在资源子系统和环境子系统,而宿迁的主要障碍集中在经济子系统和资源子系统,因此在产业转移过程中,需要提高对相关子系统的关注,以进一步优化、改善对应的承载力水平。

产业转移是实现区域协调发展的必由之路,其在进行的同时必定伴随着水环境承载力水平的动态变化,而水环境承载力又关乎当地产业是否真正实现绿色转型,以及高质量发展的落实情况,意义重大。为此,提出以下建议,以期为产业转出地和产业承接地提供相应指导。

a. 综合考虑产业转出地和产业承接地自身的水环境容量情况,明确各自的水环境承载力瓶颈,科学、合理地规划需要转移或是承接的产业,践行发展规划的前瞻性与可持续性,提高当地产业结构与水环境承载力的匹配度,努力推进经济与水环境的协同发展。

b. 根据产业转出地和产业承接地各自的情况制定相应的产业政策、环境政策等,并借助组合拳效应,充分发挥各类政策工具的协同推进作用,有效保障产业的绿色转移以及绿色承接,实现转出地与承接地产业结构的绿色转型,为水环境承载力的优化提升提供保障。

参考文献:

[1] AFASH S, LAPLANTE B, WHEELER D. Controlling industrial pollution; a new paradigm[M]. Washington DC: World Bank, 1996.

[2] SURI V, CHAPMAN D. Economic growth, trade and energy: implication for the environmental Kuznets Curve[J]. Ecological Economics, 1997, 25(2): 195-208.

[3] CAIRN L, ALAN C B, RON P G. Assessing the sustainability performances of industries[J]. Journal of Cleaner Production, 2005, 13(4): 373-385.

[4] 李斌. 中西部地区承接产业转移的环境风险及防控对策[J]. 中州学刊, 2015, 37(10): 38-42.

[5] 任雪萍, 潘星星, 万伦来. 皖江城市带承接产业转移的生态环境效应研究[J]. 江淮论坛, 2015, 58(6): 55-61.

[6] 吴传清, 黄磊. 承接产业转移对长江经济带中上游地区生态效率的影响研究[J]. 武汉大学学报(哲学社会科学版), 2017, 70(5): 78-85.

[7] 宋来敏, 李侠. 产业转移背景下安徽省区域环境承载力分析[J]. 湖南工程学院学报(自然科学版), 2019, 29(1): 60-65.

[8] 周劲风, 李耀初, 林洁贞. 产业转移对肇庆市水资源承载力的影响研究[J]. 环境科学与管理, 2009, 34(5):

- [9] 季健, 张晓燕. 苏南产业转移对灌河流域水环境影响的研究: 基于 PSIR 模型分析[J]. 当代经济, 2015, 31(32): 58-61.
- [10] 尹翠琴, 金腊华, 范利平. 广州花都狮岭(江城)产业转移工业园水环境承载力研究[J]. 水资源保护, 2009, 25(1): 36-39.
- [11] 武瑶, 王春梅, 肖伟华, 等. 哈大齐工业走廊承接产业转移水环境风险评价[J]. 安全与环境学报, 2015, 15(6): 352-357.
- [12] 王晗, 余文学, 贾亦真. 郑州市水资源承载力综合评价[J]. 水利经济, 2018, 36(6): 57-61.
- [13] 雷勋平, 邱广华. 基于熵权 TOPSIS 模型的区域资源环境承载力评价实证研究[J]. 环境科学学报, 2016, 36(1): 314-323.
- [14] 孙茜, 张捍卫, 张小虎. 河南省资源环境承载力测度及障碍因素诊断[J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(7): 33-38.
- [15] 刘丹, 王烜, 曾维华, 等. 基于 ARMA 模型的水环境承

载力超载预警研究[J]. 水资源保护, 2019, 35(1): 52-55.

- [16] 张丛林, 乔海娟, 董磊华, 等. 水生态文明制度体系框架研究[J]. 水利水电科技进展, 2017, 37(5): 28-34.
- [17] 李冰, 董增川, 杭庆丰, 等. 盐城市水资源承载状态量化研究[J]. 水利经济, 2019, 37(1): 65-69.
- [18] 杨秋林, 郭亚兵. 水资源承载能力评价的熵权模糊物元模型[J]. 地理与地理信息科学, 2010, 26(2): 89-92.
- [19] 谷冬元, 高俊山, 徐章艳, 等. 基于 Vague 集理论的冲突分析模型[J]. 华中科技大学学报(自然科学版), 2008, 36(3): 95-98.
- [20] 谈飞, 史玉莹. 江苏省水资源环境与经济发展耦合协调度测评[J]. 水利经济, 2019, 37(3): 8-12.
- [21] 王伟平, 吴祈宗. 关于 Vague 集理论中记分函数的分析[J]. 北京理工大学学报, 2008, 53(4): 372-376.
- [22] 郭耀辉, 刘强, 熊鹰, 等. 农业循环经济发展指数及障碍度分析: 以四川省 21 个市州为例[J]. 农业技术经济, 2018, 37(11): 132-138.

(收稿日期: 2019-08-07 编辑: 胡新宇)

(上接第 53 页)

- [21] 冯欣. 农业水价利益相关者研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2018.
- [22] 姜文来, 刘洋, 伊热鼓, 等. 农业水价合理分担研究进展[J]. 水利水电科技进展, 2015, 35(5): 191-195.
- [23] 贾生华, 陈宏辉. 利益相关者的界定方法述评[J]. 国外经济与管理, 2002(5): 13-18.
- [24] 王绪颖. 引黄灌区水权转换市场上的利益相关者分析[D]. 银川: 宁夏大学, 2013.
- [25] 陈丹. 南方季节性缺水灌区灌溉水价与农民承受能力研究[D]. 南京: 河海大学, 2007.
- [26] 冯欣, 姜文来. 我国农业用水利益相关者研究进展与展望[J]. 中国农业资源与区划, 2018, 39(2): 8-12.
- [27] 冯欣, 姜文来, 刘洋. 农业水价利益相关者定量排序研究[J]. 中国农业资源与区划, 2019, 40(3): 173-180.

(收稿日期: 2019-05-17 编辑: 胡新宇)

(上接第 60 页)

- [18] AZIZI H, AJIRLU H G. Measurement of the worst practice of decision-making units in the presence of non-discretionary factors and imprecise data[J]. Applied Mathematical Modelling, 2011, 35(9): 4149-4156.
- [19] 杨锋, 杨琛琛, 梁樑, 等. 各国奥运会参赛效率评价与排序研究[J]. 中国软科学, 2009(3): 166-173.
- [20] 刘渝, 王岌. 农业水资源利用效率分析: 全要素水资源调整目标比率的应用[J]. 华中农业大学学报(社会科学版), 2012(6): 26-30.

- [21] 魏金义, 祁春节. 农业技术进步与要素禀赋的耦合协调度测算[J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(1): 90-96.
- [22] 刘涛. 省际农业用水效率及其演化的博弈分析[J]. 节水灌溉, 2017(9): 97-100.
- [23] TONE K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis[J]. European Journal of Operational Research, 2001, 130(3): 498-509.
- [24] WANG Y M, CHIN K S, YANG J B. Measuring the performances of decision making units using geometric average efficiency[J]. Journal of the Operational Research Society, 2007, 58(7): 929-937.
- [25] 张新红, 何丹. 福建省城市全要素能源效率研究: 基于双前沿面 DEA 模型[J]. 华侨大学学报(哲学社会科学版), 2017(2): 51-60.
- [26] 佟金萍, 马剑锋, 王圣, 等. 长江流域农业用水效率研究: 基于超效率 DEA 和 Tobit 模型[J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(4): 603-608.
- [27] 秦腾, 章恒全. 农业发展进程中的水环境约束效应及影响因素研究: 以长江流域为例[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2017, 17(2): 134-142.
- [28] 李静, 徐德钰. 中国农业的用水效率及其影响因素: 基于 MinDW 模型的分析[J]. 环境经济研究, 2018, 3(3): 56-74.
- [29] 赵姜, 孟鹤, 龚晶. 京津冀地区农业全要素用水效率及影响因素分析[J]. 中国农业大学学报, 2017, 22(3): 76-84.

(收稿日期: 2019-08-16 编辑: 胡新宇)