

doi: 10.3969/j.issn.1005-8141.2019.09.004

中国近岸海域环境质量演变及驱动因素研究

韩婕妤

(辽宁师范大学 城市与环境学院 辽宁 大连 116029)

摘要: 海洋环境质量的改善对促进我国蓝色海洋经济的可持续发展具有重要战略意义。构建海洋环境质量评价指标体系,运用可变模糊识别算法,评估 2006—2016 年我国沿海 11 个省市海洋环境质量变化趋势并进行时空分析。结果表明:我国海洋环境质量水平总体向良性转变,海南、天津、上海经济发达,入海污染物得到有效控制,海洋环境质量水平高;河北、山东、福建、广东海洋环境质量水平一般;江苏、浙江污染严重,辽宁、广西环保投资较低,海洋环境质量水平低。引用地理探测器模型对影响我国海洋环境质量的九大驱动因素进行分析发现,影响因子中经济效率、经济规模和海水养殖量对海洋环境影响不显著,工业污染、农业污染和环境规制对海洋环境质量影响最明显。

关键词: 海域环境质量;模糊识别模型;地理探测器;驱动因素

中图分类号: X820.2 文献标志码: A 文章编号: 1005-8141(2019)09-1133-05

Study on Evolution and Driving Factors of Ecological Environment in China's Coastal Waters

HAN Jie-yu

(College of Urban and Environmental Sciences, Liaoning Normal University, Dalian 116029, China)

Abstract: The improvement of marine ecological environment had important strategic significance for promoting the sustainable development of China's blue ocean economy. This paper firstly constructed a marine environmental quality evaluation index system, and used variable fuzzy recognition algorithm to evaluate the marine environmental quality change trends of China's coastal provinces in 2006-2016 and conducted the spatio-temporal analysis. The results showed that: The level of marine environmental quality in China turned to benign, the economic of Hainan, Tianjin, Shanghai was developed, seawater pollutants were effectively controlled, marine environmental quality level was high. The level of marine environment quality was average in Hebei, Shandong, Fujian, Guangdong. The pollution was serious in Jiangsu, Zhejiang. The environmental protection investment of Liaoning, Guangxi was small, the marine environmental quality level was low. This paper used geo-detector model to analyze the nine driving factors affecting the quality of China's marine environment. It was found that among the impact factors, economic efficiency, economic scale and marine aquaculture had no significant impact on the marine environment. Industrial pollution, agricultural pollution and environmental regulation had the most obvious impact on the quality of the marine environment.

Key words: marine environmental quality; fuzzy recognition model; geographic detector; driver factors

1 引言

我国拥有 1.8 万 km 的海岸线和约 300 万 km² 的海洋国土面积。改革开放 40 年来,我国沿海地区已经形成了以重点海域为依托的沿海经济带,但是目前我国海洋管理并不完善,海洋资源的不合理开发导致海洋环境破坏与资源浪费,海洋环境问题越来越成为建设海洋强国的瓶颈和发展短板。2018 年十九大报告将建设海洋强国从生

态文明建设向现代化经济体系转变,对我国海洋环境开发与保护的重视已提升到空前的战略高度。因此,研究海洋生态环境演变及其影响因素对促进我国海洋可持续发展、加快建设海洋强国具有重要的战略意义。

目前国内外关于水环境的研究主要集中在以下三个方面:①水环境质量评价。国内外对水环境质量评价方法的研究大致分为化学方法和生物方法两大类:化学方法主要包括单维度单项指标和多种指标综合评价法,如 ArcGIS 技术、模糊评价法、灰色关联评价法、熵值法等方法^[1-5];生物学方法^[6]则主要通过生物多样性和群落结构变化来确定生物指标,反映环境质量。②水环境影

收稿日期:2019-02-26;修订日期:2019-08-12

基金项目:教育部人文社会科学重点研究基地重大项目(编号:16JJD790021);国家社会科学基金重大项目(编号:14ZDB130);辽宁省社科规划基金项目(编号:L18BTJ002)。

第一作者及通讯作者简介:韩婕妤(1993-),女,山西省晋中人,硕士研究生,主要研究方向为环境与可持续发展。

• 1133 •

响因素。国内外相关研究主要集中在经济活动和城市发展对海洋环境的影响。例如,国外学者 Alberti 等^[7]通过研究发现,随着城市经济的发展,区域水文污染指标呈现出退化的趋势;Mihailov G^[8]采用回归方法,研究了黑海海湾中金属污染对海洋环境质量的影响。国内学者董伟等运用灰色关联分析方法对我国长江上游水源涵养区的生态安全影响因素进行了关联度综合分析^[9]。③水环境优化调控。国内叶龙浩、周丰等学者基于水环境承载力核算模型,通过 SD 模型对约束指标的敏感度进行了分析,找到了关键的影响因子,提出优化调控方法并应用于沁河流域系统^[10];全华等学者基于水环境因子的动态阈值调控模型,提出了最优调控方案,使风景区河段的水环境达到稳定与协调的状态^[11]。

综上所述,国内外学者关于水环境的相关研究已颇有成就,但还是难以全面反映环境质量的实际状况,因此本文进行了补充:①采用可变模糊识别模型,通过变化模型及其参数,将模糊综合评价模型、理想点模型、Sigmoid 型函数、模糊优选模型 4 种数学模型组合起来,对我国沿海 11 省市的水环境质量评价结果进行验证,以提高环境质量评价的科学性、可靠性和等级评价的可信度。②采用地理探测器模型的最大优势在于没有过多的假设条件,可有效克服传统统计分析方法处理类别变量时对假设条件和数据要求多的局限性^[12],既可以检验单变量的空间分异性,也可以通过检验两个变量空间分布的一致性来探测两变量之间可能的因果关系。

2 研究方法与数据来源

2.1 可变模糊识别法

可变模糊识别理论及其方法体系是由我国大连理工大学陈守煜教授创立的^[13],其核心是对相对隶属函数、相对差异函数和模糊可变集合的概念进行定义,主要是描述实物两边与质变时的数学语言和量化工具,其模型为: $V_A(u) = 1/[1 + (d_g/d_b)^a]$ 。

式中, $V_A(u)$ 为识别对象 u 对 A 的相对隶属度; a 为优化准则参数, $a=1$ 为最小一乘方准则, $a=2$ 为最小二乘方准则。 d_g 为距优距离,

$d_g = \{ \sum_{i=1}^m [w_i(1 - \mu_A(u)_i)]^p \}^{1/p}$; d_b 为距劣距离, $d_b = \{ \sum_{i=1}^m [w_i(\mu_A(u)_i)]^p \}^{1/p}$; w_i 为指标 i 的权重; $\mu_A(u)_i$ 为指标 i 对应的相对隶属度向量; p 为距离参数, $p=1$ 为海明距离, $p=2$ 为欧氏距离。

式(1)中 a 与 p 有 4 种搭配:①当 $a=1$ 、 $p=1$ 时,模型可变为: $V_A(u) = \sum_{i=1}^m w_i \mu_A(u)_i$, 为模糊综合评价模型。②当 $a=1$ 、 $p=2$ 时,模型可变为: $V_A(u) = d_g/d_g + d_b$, 为理想点模型。③当 $a=2$ 、 $p=1$ 时,模型可变为: $V_A(u) = 1/[1 + ((1 - d_g)/d_b)^2]$, 为 Sigmoid 型函数。④当 $a=2$ 、 $p=2$ 时,模型可变为: $V_A(u) = 1/[1 + (d_g/d_b)^2]$, 为模糊优选模型。根据 $V_A(u)$ 的计算结果,采用级别特征值公式,确定 ERE 系统承载力所属等级,公式为:

$$H_u = \sum_{h=1}^c [V_A(u) \times h]。$$

2.2 地理探测器模型

地理探测器模型方法是由王劲峰^[14]等建立的,应用于地方性风险性疾病和其他与地理相关的影响因素方面的研究^[15],包括风险探测、生态探测、因子探测和交互探测 4 部分。本文主要用因子探测器进行探测,通过 P 值变化来分析变量的影响程度。因子探测器是探测某因子 X 在多大程度上解释了目标属性 Y 的空间分异,用因子解释力 $P_{D,H}$ 进行判断; $P_{D,H}$ 的值域为 $[0, 1]$, P 值越大,说明对目标属性 Y 的解释力就越大, Y 的空间分异性就越明显。

$P_{D,H}$ 的计算公式为:

$$SSW = \sum_{h=1}^L Nh\sigma^2, SSW = N\sigma^2 \dots\dots\dots (1)$$

$$P_{D,H} = 1 - \frac{SSW}{SST} \dots\dots\dots (2)$$

式中, $h=1, \dots, L$ 为变量 Y 或因子 X_i 分层; N_h 和 N 分别为层和全区单元数; SSW 和 SST 分别为层内方差之和与全区总方差; D 为影响因子; H 为目标海洋环境质量的空间变化值; $P_{D,H}$ 为 D 对 H 的解释力。

2.3 数据来源

文中所有数据均来源于 2007—2017 的《中国海洋统计年鉴》、《中国环境统计年鉴》、《中国国土资源统计年鉴》、《中国统计年鉴》、《中国城市统计年鉴》、《中国农村统计年鉴》,以及各省市的

环境质量公报。

3 指标选取和分级标准

3.1 环境质量评价指标和分级标准设定

在参考相关研究成果并结合我国海洋环境状况与数据获取难度,本文从污染排放、污染治理、

污染面积和环保投资 5 个方面选取评价指标^[16],遵循指标体系构建的科学性、可操作性、层次性、目标导向性等原则,将海洋环境质量评价指标体系分为目标层、要素层、指标层 3 个层次,共选取 8 项指标(表 1)对我国沿海 11 个沿海省市海洋环境质量进行评价。

表 1 我国海洋环境质量评价指标体系

目标层	要素层	指标层	类型	一级(极高)	二级(高)	三级(中等)	四级(低)	五级(极低)
海洋环境质量体系	污染排放	工业废水入海量 H_1 (万 t)	负	0—11	11—120	120—1250	1250—13350	>13350
		化学需氧量总排放量 H_2 (万 t)	正	9—17	17—31	31—57	57—105	105—199
		氨氮总排放量 H_3 (万 t)	正	0.76—1.40	1.40—2.70	2.70—5.40	5.40—10.70	10.70—23.10
	污染治理	工业废水达标排放率 H_4 (%)	负	90—100	81—90	73—81	65—73	<65
		工业废水处理能力 H_5 (10^2 万 t/台)	负	3.09—5.83	1.67—3.90	0.90—1.67	0.48—0.90	0—0.48
		固体废弃物综合利用率 H_6 (%)	正	84—100	72—84	61—72	52—61	44—52
	污染面积	海洋污染面积 H_7 (km^2)	负	0—1	1—16	16—256	256—4092	>4092
	环保投资	环保投资占 GDP 的比重 H_8 (%)	正	>2.05	1.40—2.05	0.95—1.40	0.65—0.95	0.44—0.65

3.2 评价标准

本文根据全国海洋环境指标状况,同时参照国内其他沿海经济带的分级标准,并结合实际情况确定了我国沿海 11 个省市的海洋环境质量分级标准,见表 2。

表 2 海洋环境质量特征值评价标准

特征值所属范围	评定标准
[1, 1.5)	极高水平
[1.5, 2.1)	高水平
[2.1, 2.5)	中等水平
[2.5, 2.7)	低水平
[2.7, 3.5]	极低水平

3.3 影响因素指标选取

本文立足于地理学中的机理—响应研究范式,基于海洋环境驱动机制原理来寻求影响海洋环境质量的相关影响因子,并通过地理探测器空间技术模型来识别最重要的影响因子。从图 1 可见,陆地系统、海洋系统和综合治理系统共同作用于海洋环境系统,而陆地系统和海洋系统又通过大气循环和水循环而形成相互作用。

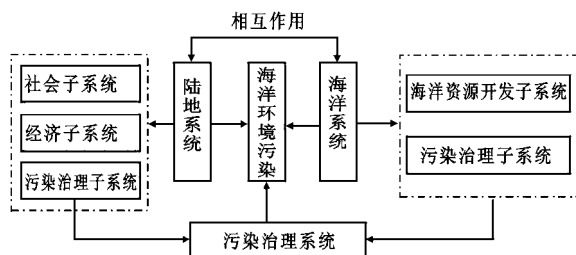


图 1 海洋环境污染相关关系机理

考虑到数据获取的难易程度和数据全面性、影响程度是否显著等原因,本文分别选取了科技水平

(x_1)——科研经费、科研机构、科研人员总和;环境规制(x_2)——环境保护投资额(万元);经济效率(x_3)——海岸线经济密度(亿元/km);经济规模(x_4)——海洋经济总产值增加率(%);工业污染(x_5)——第二产业比重(%);废水污染(x_6)——工业废水量+生活污水量(万 t);农业污染(x_7)——农用化肥量/农作物播种面积(万 t/ 10^3hm^2);单位面积海产养殖量(x_8)——海产养殖量/海产养殖面积(万 t/ hm^2);城市化率(x_9)——城镇人口/总人口(%)共 9 个指标进行研究。

4 结果及分析

本文运用陈守煜教授提出的可变模糊评价模型,计算了海洋环境质量的相对隶属度,得到评价结果见表 3。

表 3 2006—2016 年沿海 11 省市海洋环境质量特征值

中国海洋环境质量特征值											
可变参数	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
$a=1 \quad \mu=1$	2.35112	1.7512	1.6582	2.29992	1.3151	1.77122	4.3982	2.21142	2.29922	2.25812	0.345
$a=1 \quad \mu=2$	2.25901	1.99531	1.97841	1.94541	1.95661	1.61002	2.4972	0.82222	3.9712	0.8341	1.7761
$a=2 \quad \mu=1$	2.07552	0.37222	0.3751	1.83641	1.99691	1.73732	2.1522	0.9652	3.6742	0.5942	2.2590
$a=2 \quad \mu=2$	2.14171	0.92271	1.83901	1.62751	1.91251	1.54272	3.4102	0.9062	3.8582	0.04052	0.0668
平均值	2.20682	0.3262	0.2312	0.0231	1.99941	1.66532	2.3642	2.21022	2.3742	1.11042	0.314

4.1 海洋环境质量时间变化

由表 3 可知,2006—2016 年我国海洋环境质量水平呈现先上升后下降再上升的三阶段发展趋势。第一个阶段为 2006—2011 年的上升阶段,环境质量水平从 2006 年的 2.20 上升到 2011 年的 1.66,年均上升率为 4.90%;2006—2010 年是我

国海洋“十一五”规划阶段,规划期间海洋由粗放式生产方式逐渐找到各省的发展优势和劣势,加上对产业结构的调整,重视科技发展和实施海洋生态环境保护政策,海洋环境质量得到明显改善,到2011年海洋环境质量特征值为1.66,达到近年来的高水平阶段;2011—2015年为我国“十二五”规划期,由于本次规划在上次的基础上加大了对海洋的开发力度,追求海洋生产方式的多元化,海洋经济得到快速发展,但与海洋环境质量保护不同步,经济快速发展和经济活动不断加剧,导致海洋环境恶化,造成2012年的海洋环境较上一年下降了0.3%;2012年后我国调整了发展战略,强调综合重点整治海洋环境,尤其是加强对直接排入海中的污染源进行监管与调整,改善海洋生态环境,提高海洋环境质量,该期间海洋环境保护投资占GDP的比重有所提高,海洋环境建设取得了明显成效,直接排入海中的废水量由 $13.17 \times 10^8 \text{ t}$ 减少到 $10.38 \times 10^8 \text{ t}$,工业废水达标排放率由95.09%上升到96.87%。

4.2 海洋环境质量空间分布

从图2可知,我国沿海地区海洋环境质量的地区差异明显,整体上分3个水平。其中,天津市、上海市作为最早的沿海开放城市,经济发展水平高,科技水平和利用率也高,入海污染物得到有效控制,固体废弃物和废水处理率都达90%以上,环境保护投资占全省GDP的比重较大。相对而言,海南省作为我国的旅游大省,第三产业比重高,生态环境保护投资力度大,海南省用3—5年营造了沿海基干林带面积1.02万 hm^2 ,重建了“海岛绿色长城”,在我国沿海省市海洋生态环境保护工作方面居于全国的最高水平。

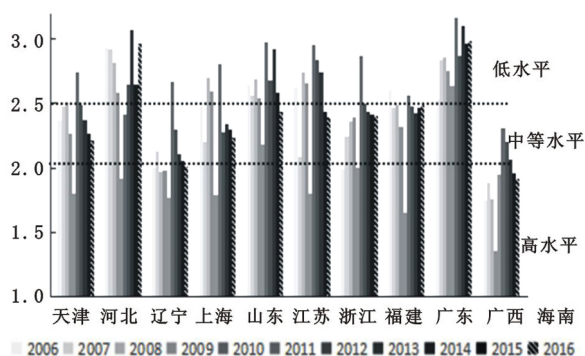


图2 沿海11个省(市)海洋环境质量

河北省、山东省、福建省、广东省海洋环境质

量属于中等水平,河北省在京津冀一体化过程中,科研投入和利用率不断提高。山东省凭借自身强大科研实力,以及国家提出打造“山东半岛蓝色经济区”的国家策略,海洋环境质量有明显改善。由于产业结构不合理,河北省第二产业占比超过50%,经济活动对海洋造成一定的污染。福建省、广东省氨氮排放总量较大,且2006—2016年氨氮排放总量增长速度平均为80%。近年来,这些地方以近岸海域污染防治为重点,严格控制陆源污染,强化了工业废水直接排海的点源控制,工业废水废弃物达标率达到82%,确保了近岸海域达到环境功能区划标准。

辽宁省、江苏省、浙江省、广西壮族自治区等地海洋环境质量水平较低,江苏省、浙江省人均污染严重,氨氮排放总量大,海洋环境污染最严重;辽宁省、广西壮族自治区的环保投资较低,多年平均值仅有1%左右,海洋污染未得到有效治理,海洋环境承载力低,海洋环境质量也未得到有效改善,导致发展水平最低。

4.3 海洋环境质量的影响因素分析

本文将选取的9个影响因子和2006—2016年海洋环境质量的相关数据导入地理探测器模型,见表4。因子探测结果中影响力 q 值(q 值越大,说明该因子对海洋环境质量的影响力越大; q 值越小,说明该因子对海洋环境质量的影响力越小)表示各影响因素对海洋环境质量影响程度的大小。

表4 不同年份各影响因素作用强度的变化趋势

年份	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
2006	0.4551	0.6605	0.3205	0.5868	0.7386	0.5864	0.8747	0.5864	0.6601
2009	0.4301	0.659	0.3075	0.4383	0.7255	0.5263	0.825	0.4365	0.6339
2012	0.6035	0.8532	0.2741	0.4281	0.8248	0.7832	0.7693	0.3860	0.6798
2016	0.6630	0.8330	0.2577	0.3705	0.8897	0.8396	0.6656	0.3630	0.6909
平均值	0.5379	0.7514	0.2900	0.4559	0.7947	0.6839	0.7837	0.4430	0.6662

从表4可见,不同时期影响海洋环境质量的指标因素作用不同,造成海洋环境质量空间差异的主要因素发生了明显变化。从影响力度 q 值大小来看,经济效率(x_3)和经济规模(x_4)的平均影响值小于0.5,影响不显著,其他因子的平均影响值均大于0.5,说明这几个影响因子对不同时期的海洋环境呈不同的影响力。经济规模与经济效率对海洋环境的影响是间接通过海洋经济总产值增加率的变化而影响海洋科技水平、污染治理投

资、污染物达标排放处理能力等,所以对海洋环境质量的影响不明显。

总体来看,随着时间的推移,经济效率、经济规模、农业污染和单位面积海产养殖量的影响强度在减弱且变化明显,科技水平、环境规制、工业污染、废水污染的影响强度略有变化但不显著。科技水平对海洋环境质量的影响存在一定的时间滞后性,且科技成果具有周期性的特点,尤其在“十二五”过后平均人均海洋科研经费占总产值的比重上升为4.5%,对海洋环境质量呈现缓慢但持续带动增长的效应,总体上科技水平的影响力仍很大,强化海洋科技创新推动核心产业科技化、普遍化是提高海洋环境质量的关键;环境规制一直起到约束和限制海洋污染物的重要作用,环境保护投资额以平均每年10%的速度增长,对海洋环境质量有明显的影响;2006—2010年“十一五”期间,相关产业被严格限制污染物排放量和污水排放达标率,2010年废水直接入海量为 $1.03801 \times 10^5 \text{ t}$,比2006年平均减少了5.3%,取得了明显成效。随后我国新一轮“十二五”规划加快了海洋经济的发展,造成海洋环境污染管理松懈,废水污染物增加,显著影响到海洋环境质量发展。海产养殖作为海洋系统的一部分,对海洋环境一直存在一定的影响。其中,工业污染(q 值为0.8897)2016年上升为最主要的影响因素,城市化率的影响作用较稳定。全年大于0.5的平均影响值按从大到小依次是: X_5 、 X_2 、 X_7 、 X_6 、 X_9 、 X_1 ,原因可能是2006—2016年受我国“十一五、十二五”规划的影响,政府加强了对海洋的综合管理,对相关领域做出不同程度的调整。2008年各影响因素由于受到全球金融危机的影响,导致2009年各因子的影响力值呈下降趋势。其中,产业结构在2006初期的矛盾突出,占比为1:3:2,传统的资源消耗性产业占主导地位,且农业生产方式粗放,对海洋环境造成很大污染,所以工农业对海洋环境的污染严重。历经2006—2015年我国“十一五、十二五”规划的影响,海洋产业结构呈积极的变化,由资源消耗为主向海洋服务为主转变,农业机械化水平的提高和科技应用的成效显著,单位农用化肥量平均减少了 $0.3\%/\text{hm}^2$,污染状况明显减轻。随着经济的发展,城镇人口占总人口的比重上升,城市化污染排放物受同时期经济和科技的影响,对海洋环境质量的影

响较稳定且影响明显。

5 结论

本文运用可变模糊模型对我国沿海11个省市的海洋环境质量进行了评价。结果发现:随着时间的推移我国海洋环境质量水平总体向良性转变,海南、天津、上海对外开放早,经济发达,入海污染物得到了有效控制,海洋环境质量水平有一定提高;河北、山东、福建、广东属于海洋环境质量中等水平的地区,产业结构、科技投入等海洋管理问题都有待加强;江苏、浙江人均污染物排放量大,辽宁、广西的环保投资较低,污染物未得到有效控制,内部差异显著,海洋环境质量水平低。另外,因子探测结果显示:影响因子中经济效率、经济规模和海水养殖量对海洋环境影响不显著,工业污染、农业污染和环境规制对海洋环境质量影响最明显。

6 对策建议

通过以上分析,本文对我国沿海11个省市的海洋环境质量提出以下对策建议:天津、上海作为海洋环境质量高水平城市,产业结构相对合理,但第三产业内部的海洋科研教育等比重需要加强,海洋环保形势仍较严峻,海洋基础管理有待加强;海南应继续加强国际旅游岛建设,打造低碳海南,将生态优势转化为经济优势;河北、辽宁的海洋环境质量水平较低,应加强与临近海洋强省——天津和山东的交流合作,降低第二产业的比重,扩大海洋高端制造业和海洋第三产业的比重,通过提高海洋相关产业结构中高层次科技产品的比重和工农业污染物数量的减少来提高海洋环境质量^[17];江苏、浙江虽然为经济强省,但海洋环境质量水平一般,应充分利用位于长三角的区位优势,加快区域海洋科技信息平台建设,提升海洋科技的辐射能力、扩散效应和功能效应,促进海洋环境的改善,推进实施科技兴海战略,同时注意对人均污染物排放量的控制,提高污水排放达标率和产业结构的优化升级。福建、广东、广西占据珠三角的区位优势,资源丰富,但资源利用率低,产业层次需要进一步提升,提高海洋资源的开发深度,海洋科技转化成果和产业化有待加强,推广海洋健康

(下转第1144页)

- [3]李伯华,刘传明,曾菊新.城市化进程中的农户居住空间选择偏好研究——以武汉市新洲区为例[J].华中师范大学学报(自然科学版) 2008,4(2): 291-294.
- [4]王芳.论新农村建设农户居住空间景观设计的新颖性[J].中国农业资源与区划 2016,37(2): 138-141.
- [5]李苗苗,欧阳路.论新农村建设农户居住空间景观设计的新颖性[J].西部皮革 2016,38(20): 72.
- [6]李伯华,曾菊新.基于农户空间行为变迁的乡村人居环境研究[J].地理与地理信息科学 2009,25(5): 84-88.
- [7]周智,黄英,张贵军.保定市农户居住空间行为选择的现状与引导对策研究[J].黑龙江科技信息 2016,4(7): 296-297.
- [8]周智,黄英,张贵军.河北保定农户居住空间行为选择的动力机制研究[J].中国农业资源与区划 2015,36(5): 60-66.
- [9]Palej A. Architecture for by and with Children: A Way to Teach Livable City[C]. International Making Cities Livable Conference, Vienna, Austria 2000.
- [10]Michelson W. Environment Choice, Human Behavior and Residential Satisfaction[M]. New York: Oxford University Press, 1979.
- [11]Innes JE, Booher DE. Indicators for Sustainable Communities: A Strategy Building on Complexity Theory and Distributed Intelligence[J]. Planning Theory & Practice 2000,1(2): 173-186.
- [12]李立晓.云南多民族共生村落居住空间演变研究——以郑家庄为例[D].昆明:云南师范大学硕士学位论文 2018: 1-80.
- [13]李君.农户居住空间演变及区位选择研究[D].郑州:河南大学硕士学位论文 2009: 1-227.
- [14]谢富胜,巩潇然.城市居住空间的三种理论分析脉络[J].马克思主义与现实 2017,4(4): 27-36.
- [15]诸德律,张建坤,王效容.基于GIS与MAS的保障房居住空间分异影响评价指标和方法[J].现代城市研究 2014,4(5): 22-26.
- [16]李伯华,刘传明,曾菊新.乡村人居环境的居民满意度评价及其优化策略研究——以石首市久合垸乡为例[J].人文地理 2009,24(1): 28-32.
- [17]阳路平.快速城市化地区农户空间行为演变的动力机制研究——基于“长株潭”城市群农户的问卷调查[J].商场现代化 2012,7(7): 64-65.
- [18]杨宗英,颜沛骅.灾后重建小城镇人居环境居民满意度评价——以汶川县水磨镇为例[J].湖北农业科学 2017,56(21): 4165-4168.
- [19]刘晓君,张丽.居民对公租房社区人居环境感知与居住意愿研究——以西安市为例[J].现代城市研究 2018,4(7): 114-123.
- [20]张斌斌.棚户区改造居民满意度对比研究[D].杭州:浙江工业大学硕士学位论文 2017.
- [21]张志斌,巨继龙,李花.兰州市人居环境与住宅价格空间特征及其相关性[J].经济地理 2018,38(6): 69-76.
- [22]李伯华,曾菊新.农户居住空间行为演变的微观机制研究——以武汉市新洲区为例[J].地域研究与开发 2008,27(5): 30-35.
- [23]中共云南省委关于开展向洱源县三营镇郑家庄学习的决定[N].云南日报 2015-09-11(007).
- [24]马仁锋,王美,张文忠,等.临港石化集聚对城镇人居环境影响的居民感知——宁波镇海案例[J].地理研究 2015,34(4): 729-739.
- [25]张文忠,尹卫红,张景秋.中国宜居城市研究报告.北京:社会科学文献出版社 2006: 1-82.

(上接第1137页)

合理的养殖,避免海水富营养化,加强海洋环保投资和排污量的控制。

参考文献:

- [1]王立华,李继龙.利用GIS技术进行海洋环境质量评价的研究[J].海洋环境科学 2003,4(4): 44-48.
- [2]付会,孙英兰.灰色关联分析法在海洋环境质量评价中的应用[J].海洋湖沼通报 2007,3(3): 127-131.
- [3]韩彬,王保栋.河口和沿岸海域生态环境质量综合评价方法评价[J].海洋科学进展 2006,4(2): 254-258.
- [4]马红娟,史西专.基于熵权法和多层次分析法的水环境模糊综合评价研究[J].数学的实践与认识 2015,45(6): 154-164.
- [5]Narbonne J F, Aarab N, Clérancieu C *et al.* Scale of Classification Based on Biochemical Markers in Mussels: Application to Pollution Monitoring in Mediterranean Coasts and Temporal Trends[J]. Biomarkers 2005,10(1): 58-71.
- [6]孟范平,杨菲菲,程凤莲.基于生物标志物指数法的海洋环境评价方法综述[J].应用生态学报 2012,23(4): 1128-1136.
- [7]Marina Alberti, Derek Booth, Kristina Hill *et al.* The Impact of Urban Patterns on Aquatic Ecosystems: An Empirical Analysis in Puget Lowland Sub-basins[J]. Landscape and Urban Planning 2006,80(4): 345-361.
- [8]Mihailov G, Simeonov V, Nikolov N *et al.* Environmetric Approaches to Estimate Pollution Impacts on a Coastal Area by Sediment and River Water Studies[J]. Water Science and Technology, 2002,46(8): 45.
- [9]董伟,蒋仲安,苏德,等.长江上游水源涵养区界定及生态安全影响因素分析[J].北京科技大学学报 2010,32(2): 139-144.
- [10]叶龙浩,周丰,郭怀成,等.基于水环境承载力的沁河流域系统优化调控[J].地理研究 2013,32(6): 1007-1016.
- [11]全华.旅游建筑水环境后效与调控模型[J].地理科学, 2003,23(2): 251-254.
- [12]李颖,冯玉,彭飞,等.基于地理探测器的天津市生态用地格局演变[J].经济地理 2017,37(12): 180-189.
- [13]陈守煜.工程模糊集理论与应用[M].北京:国防工业出版社,1998.
- [14]王劲峰,徐成东.地理探测器:原理与展望[J].地理学报, 2017,42(1): 116-134.
- [15]王凤,刘艳芳.中国县域粮食产量时空演变及影响因素变化[J].经济地理 2018,38(5): 142-151.
- [16]盖美,钟利达,柯丽娜.中国海洋资源环境经济系统承载力及协调性的时空演变[J/OL].生态学报 2018,48(22): 1-11.
- [17]杨璇.河北省海洋环境污染机理及防治对策研究[D].青岛:中国海洋大学硕士学位论文 2014.