

基于 GIS 的海口海岸带空间功能分区研究

张旭,张继伟,陈凤桂,温瑞,高宇

(自然资源部第三海洋研究所 厦门 361005)

摘要:随着沿海地区经济的快速发展,海岸带空间资源的利用将呈现多样化的特征。海岸带空间功能分区可以优化海岸带空间资源配置,统筹协调海岸带空间开发与保护格局,是海岸带资源可持续利用的重要基础。文章针对海岸带空间的特殊性,构建指标体系,对海口海岸带进行模糊综合评价,探讨海口海岸带空间适宜功能类型,并基于 GIS 技术进行功能分区。结果表明:海口海岸带主要功能空间类型为旅游娱乐空间、城镇建设空间、农林渔牧空间和生态保护空间,其面积占比分别为 16.84%、21.18%、22.54%、35.77%。其中生态保护空间面积最大,主要分布在海口市东部片区的东寨港。

关键词:海岸带;空间资源;模糊评价;功能分区;海口市

中图分类号: P748

文献标志码: A

文章编号: 1005—9857(2021)05—0035—07

Spatial Functional Zoning of Coastal Zone in Haikou Based on GIS

ZHANG Xu,ZHANG Jiwei,CHEN Fenggui,WEN Rui,GAO Yu

(The Third Institute of Oceanography,MNR,Xiamen 361005,China)

Abstract: With the rapid economic development of coastal areas,the utilization of coastal space resources will exhibit diversified characteristics.Coastal functional division can optimize the allocation of coastal resources and coordinate the development and protection of coastal space.Coastal functional division is also an important guarantee to promote sustainable development.This study constructed a fuzzy comprehensive evaluation of the coastal zone of Haikou.At the same time,the study discussed the types of suitable spatial functions of the coastal zone of Haikou,and performed functional zoning based on GIS technology.The space types were tourism and entertainment space,urban construction space,agricultural space and ecological protection space,and their area accounted for 16.84%,21.18%,22.54%,and 35.77%.The ecological protection area was mainly concentrated in the eastern Dongzhai Port area.

Keywords: Coastal zone,Spatial resource,Fuzzy evaluation,Functional zoning,Haikou City

收稿日期:2020-06-17;修订日期:2021-04-16

基金项目:海南省自然资源和规划厅重点项目(TAHP-HNH-2019-HT-014/3)。

作者简介:张旭,硕士研究生,研究方向为环境评价与规划

通信作者:张继伟,教授级高工,博士,研究方向为海洋管理

0 引言

海岸带是指陆地与海洋的交界地带^[1],是资源与环境条件最为优越的区域,与人类的生存、发展息息相关^[2-3]。然而随着沿海经济的发展,人口不断聚集,开发利用活动逐渐加剧,海岸带正面临着生态环境破坏、生物多样性减少、污染加重、渔业资源退化等一系列问题^[4-5],严重影响了海岸带的可持续发展。海岸带空间资源的开发利用是海洋经济发展的重要基础,而合理划分海岸带空间是保证海岸带空间资源利用统筹协调的前提,同时也是引导海岸带区域保护与开发活动,促进沿海经济可持续发展的重要方式^[6-7]。

目前国外海岸带空间分区的技术方法主要体现在海洋空间规划里面^[8],其中分区技术方法侧重于海域分区^[9],如美国阿拉斯加州按照资源分布特点来划分海岸带;荷兰通过海洋功能分区配合海岸带综合管理分区;澳大利亚采用基于生态系统的海岸带分区。而国内空间分区研究方法实证应用较多,如赵万忠^[10]研究了海岸带主体功能分区;李杨帆等^[11]依据功能分区原则和海岸带资源环境特点划分功能区;母容等^[12]构建了基于多维决策分析的海湾海岸带主体功能分区技术方法;徐照林等^[13]使用模糊聚类分析对海岸带林业气候进行分区研究;杜军等^[14]运用模糊综合评判方法对海岸带灾害地质稳定性进行分区研究;史玉金等^[15]探索了环境地质功能分区的原则和方法;郑丙辉等^[16]运用 GIS 技术进行生态分区研究;王传胜等^[17]借助 GIS 分析技术探讨海岸带重点生态空间的分区;张耀光^[18]探讨了海洋经济分区方法;王刚^[19]从微观角度对沿海滩涂的功能分区进行研究。

综上所述,目前国内外空间分区的技术方法已经较为成熟,主要以 GIS 与遥感技术为支撑,通过构建指标体系并对相关要素进行空间分析实现分区。然而针对海岸带地区的空间功能分区方法研究较少,仍然存在极大的探索空间。另外目前土地利用与海域使用分类体系已经较为成熟,但对海岸带空间的功能利用类型的划分还未做出具体规定。因此本研究借鉴已有分区方法,基于模糊理论,构建海岸带空间模糊综合评价指标体系,对海岸带生

产空间、生活空间、生态空间进行模糊适宜性评价,同时结合相关规划分析探讨海岸带空间适宜功能类型,并通过 GIS 技术实现海岸带空间功能分区。

1 研究方法

1.1 技术路线

技术路线如图 1 所示。首先根据研究内容收集相关资料,建立 GIS 基础数据库;其次构建适宜性评价指标体系,采用模糊综合评判的方式进行综合评价与分析;最后根据相关规划及研究区现状分析海岸带空间功能类型,并结合三维魔方分类的方法进行空间分区。

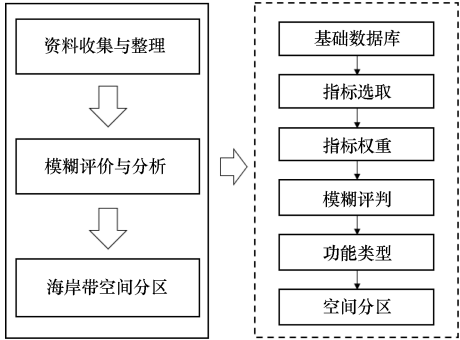


图 1 技术路线

1.2 模糊综合评价

1.2.1 指标体系

海岸带空间模糊综合评价指标体系是海岸带空间分区的前提和基础,而指标体系的设置是否合理和准确,会直接影响评价结果的准确性。本研究考虑海岸带空间综合评价的基础性与综合性特征,从自然生态、资源环境和经济社会 3 个方面选取 9 个指标,构建评价指标体系(表 1)。其中自然生态指标包括生态重要性、灾害危险性和环境容量 3 项指标。生态重要性反映区域生态系统结构与功能的重要程度,反映了生态服务功能的强弱;灾害危险性反映空间开发对灾害的抵御能力;环境容量反映区域对污染的吸纳消化能力。资源环境指标包括水资源丰度、土地资源丰度和岸线条件等 3 项指标。水资源是区域发展不可或缺的资源之一,水系对维持海岸带生态系统平衡和生态安全有着重要作用,另外河流和湖泊不仅对维持水循环至关重要,也是构成区域生态景观的主要组成部分,而景观变化与生态环境安全水平密切相关,建

设活动应该与水系保持相应的安全距离,在保护的前提下,合理地利用水资源对区域生态安全的稳定性以及社会经济可持续发展至关重要^[20];土地资源是社会经济发展的空间载体,是不可替代的基本资源;随着海洋工程技术的发展,一些相对可变因素如岸线集疏运条件、岸线城市依托等对生产开发活动的限制能力逐渐变弱,岸线本身的自然条件逐渐成为岸线开发的重要影响因素^[21],因此岸线条件选择对岸线使用影响较大的自然条件因子,包括岸线稳定性、近岸水质、岸前水深、避风条件、潮差和陆域可开发纵深等,并采用叠加分析的方式进行评价分析。经济社会指标包括人口集聚度、经济发展水平和区位优势等3项指标。人口集聚度是地区人口集聚状态的反映;经济发展水平是地区经济发展状态的重要表征指标;区位优势则反映空间开发集散的動力。

表 1 海岸带空间模糊综合评价指标体系与 GIS 处理方法

评价目标	影响因素	指标	GIS 处理
海岸带空间 模糊评价	自然生态	生态重要性	栅格运算
		灾害危险性	栅格运算
		环境容量	插值分析
	资源环境	水资源丰度	插值分析
		土地资源丰度	栅格运算
		岸线条件	叠加分析
	经济社会	人口集聚度	插值分析
		经济发展水平	插值分析
		区位优势	栅格运算

1.2.2 指标分析

生态重要性主要通过重要生态功能区占研究区面积的比值来表征;灾害危险性考虑到海口海岸带受地质灾害类型为岸线侵蚀,气候灾害主要为热带气旋等,因此考虑采用植被覆盖度来反映海岸带对灾害风险的抵御程度,认为植被覆盖度越高抵御灾害风险的能力越强,其中植被覆盖度可根据遥感影像进行计算;环境容量根据地表水环境质量以及大气环境质量综合确定,环境质量等级越高,纳污能力越强,环境容量就越高;水资源丰度考虑海岸带主要靠地表径流以及水库获取淡水资源,而降水量则决定了地表径流及水库的水资源量,因此采用降

水量来表征海岸带的水资源丰度;土地资源丰度则采用可利用土地面积与海岸带面积之比来表征;岸线条件则根据选取的指标进行叠加分析;人口集聚度则采用人口密度来表征;经济发展水平采用人均 GDP 来反映;区位优势则通过交通路网密度来反映。

1.2.3 指标权重

采用层次分析法与德尔菲专家调查法综合确定指标权重。根据层次分析法的原理,构建各级指标判断矩阵,确定各级指标的相对重要性顺序。首先建立一级指标判断矩阵,包括影响海岸带空间类型的自然生态、资源环境以及社会经济的指标判断矩阵,其次建立二级指标判断矩阵,包括构成和影响上述 3 个方面指标的判断矩阵,并对各级指标进行两两重要性比较;最后对判断矩阵进行计算,经过一致性检验后,得到如下结果(表 2)。

表 2 指标权重结果

指标	生产空间	生态空间	生活空间
生态重要性	0.024 7	0.254 7	0.052 1
灾害危险性	0.074 2	0.254 7	0.052 1
环境容量	0.121 4	0.254 7	0.052 1
水资源	0.080 9	0.038 3	0.044 5
土地资源	0.080 9	0.038 3	0.101 8
岸线条件	0.080 9	0.038 3	0.038 9
人口集聚度	0.223 4	0.077 1	0.274 0
经济水平	0.067 8	0.031 2	0.083 0
区位优势	0.245 8	0.012 7	0.301 5

1.2.4 评价模型

海岸带是受多因素影响的复杂系统,各因素之间的相互作用关系及各因素对主导功能的影响程度在量上是难以精确的^[22],即具有模糊性特征,因此要求评价者必须根据评价对象的性质选择适宜的评价模型与方法^[23]。模糊综合评价是解决这种多因素之间模糊复杂关系的一种评价方法。

海岸带模糊综合评价需要对影响海岸带的多个指标因素进行分析,并以适宜性评语集合来描述评价结果。首先根据评价对象选择评价指标建立指标集 $U = \{u_1, u_2, \cdots, u_m\}$,并确定各指标权重 $A = \{a_1, a_2, \cdots, a_n\}$;其次确定适宜性等级评语集合 $V = \{\text{很适宜}, \text{适宜}, \text{较适宜}, \text{不适宜}, \text{很不适宜}\}$;接

着对单因素进行模糊评判,即确定第 i 个元素 u_i 的评判结果 $R_{ij} = (r_{i1}, r_{i2}, \cdots, r_{im})$, 并得到矩阵 $R = (r_{ij})_{m \times n}$, 其中 R 矩阵是表示 $U \sim V$ 上的模糊关系; 最后综合考虑所有影响, 计算综合评判结果 $B = A \times R = (b_1, b_2, \cdots, b_m)$ 。

1.3 三维魔方分类

三维魔方分类是指从事物不同维度构建三维坐标系, 每个维度设定不同结点构成三维空间的 N 阶魔方, 形成 $N \times N \times N$ 种模式组合, 并通过制定组合归类规则进行分区^[24]。该方法是空间功能区应用较为成熟的方法^[25], 可以直观表达研究单元的主导功能位序^[26]。因此本研究根据上述模糊评价结果, 构建以生产、生活、生态为轴的三维坐标系(图 2), 并等距划分三维魔方坐标系, 依照适宜性等级优先确定开发方向, 同时结合研究区实际情况确定功能类型。生态适宜性等级高其余较低, 应进行管制保护; 生产适宜性等级高其余较低, 适合大规模开发; 生活适宜性等级高其余较低则适度开发; 其余等级组合则优先按照生态适宜性等级并结合研究区实际利用类型综合确定。

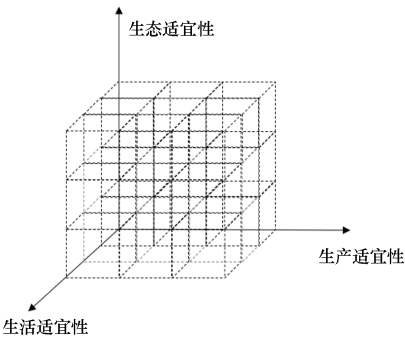


图 2 三维魔方分类

2 案例研究

2.1 研究区概况

海口市是海南省政治、经济、科技、文化中心和最大的交通枢纽, 位于 $110^{\circ}08'E-110^{\circ}43'E, 19^{\circ}32'N-20^{\circ}06'N$, 地处海南岛北部, 东邻文昌市, 南接定安县, 西连澄迈县, 北临琼州海峡与广东省隔海相望。全市总面积 $3\,119\text{ km}^2$, 其中陆地面积 $2\,289\text{ km}^2$, 占 73.39% , 海域面积 830 km^2 , 占 26.61% 。本研究区位于海口市沿岸, 以海口市海岸线向内陆缓冲

5 km 得到, 该地区地貌主要为滨海平原, 海拔较低, 整体坡度较小(图 3)。

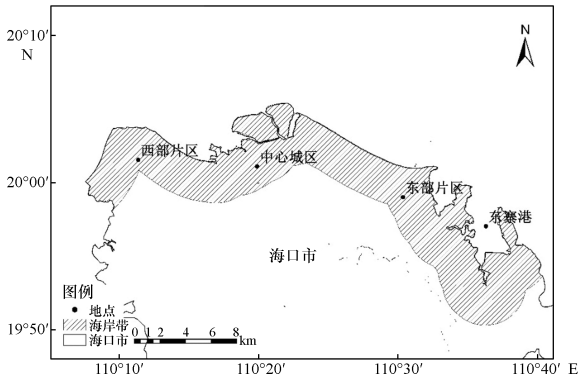


图 3 研究区位置

2.2 数据来源

本研究采用栅格格网进行综合评价。栅格格网是进行综合评价的最小数据单元。格网单元越小, 反映的信息越详细。因此本研究借鉴国土空间规划中标准地域的选取尺度, 结合统计数据的可获取性, 选取反映信息量适中的 $300 \times 300\text{ m}$ 网格为基本评价单元, 共计 $4\,762$ 个网格单元。其中进行相关研究的数据主要包括: 规划文本、海岸带调查资料、Landsat8 遥感影像数据、交通网络数据、社会经济数据和环境质量数据等(表 3)。

表 3 数据来源及用途

类型	用途	来源
规划文本	包括城市规划资料、港口规划资料、海岸线规划、海洋功能区划等, 主要用于分析海岸带空间功能类型	海口市自然资源局与规划局
统计资料	主要是海口市统计年鉴, 用于收集国民经济以及人口等数据	海口市政府官网
环境数据	主要是环境状况公报, 用于收集环境质量数据	海口市生态环境局官网
	包括海水水质、潮汐数据, 主要用于岸线条件评价	海口市海洋与渔业局
其他	遥感影像 (Landsat8), 用于获取土地利用类型、植被覆盖度等数据	地理空间数据云
	数字高程模型, 用于获取地形、坡度	
	图件、文本资料, 用于获取研究区概况	现场调查与文献研究

2.3 海口海岸带指标分析

(1)自然生态:海口市重要生态功能区包括地质公园、自然保护区、森林公园、重要水源地和湿地公园 5 类,其中海口市东部沿岸有国家级红树林保护区,西海岸西部近岸有五源河湿地公园,海岸带分布有多个旅游景点;根据 Landsat8 遥感影像计算海口市植被覆盖度,结果表明,海口市近岸植被覆盖总体分布不均匀,西部明显低于东部,盈滨半岛至新海港、秀英港和新埠岛沿岸植被覆盖度较低,中心城区植被覆盖度最低,西海岸至海甸岛沿岸植被覆盖度一般,东海岸至东寨港范围植被覆盖度较高;海口市地表水环境质量状况总体良好,重要水源地分别达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)的三类标准,环境空气质量指数全年基本为一级,近岸海域总体为第一、二类水质,但部分入海排污口附近海域环境质量依然较差。

(2)资源环境:海口市降水量年内分配很不均匀,随季节变化显著,雨季主要集中在 5—10 月,且多为热带气旋雨和热雷雨。海口市降水量地区分布规律为:东部大于西部且降水量随地形升高而增加。海口市海岸带地区地貌类型为滨海平原,坡度变化范围在 0~34 度,但绝大部分区域坡度低于 5 度,地势低平,面积广大,可开发利用土地资源丰富;海口海岸线条件总体较好,部分岸线受到侵蚀。

(3)经济社会:人口空间分布特征为中间多两边少,人口密度由高至低依次排序为:中心城区、西部片区、东部片区。海口市 2018 年全市地区生产总值(GDP)为 1 510.51 亿元。海口市交通运输线路密度由高至低依次排序为:中心城区、西部片区、东部片区,其中中心城区主要干道线路密集,沿岸城镇分布较多,东部城区由于目前开发力度较小,道路网密度较低。

2.4 结果与分析

2.4.1 海岸带模糊综合评价

根据研究方法,通过 GIS 技术实现海口海岸带三类空间的模糊综合评价,并划定适宜性等级为最适宜、适宜、较适宜、不适宜和很不适宜 5 个等级,结果如下。

(1)生产空间评价:海口海岸带生产空间适宜

性等级最适宜的区域在西部片区以及东寨港范围部分区域,而中心城区靠近海甸岛范围生产适宜性等级为最不适宜。

(2)生活空间评价:海口海岸带生活适宜性最好的区域主要集中在海口中心城区,西部片区生活适宜性为较适宜等级,东寨港范围生活适宜性等级为最不适宜。

(3)生态空间评价:海口海岸带生态空间适宜性条件较好的区域主要分布在东寨港范围,基本为最适宜与适宜等级,西部片区部分区域靠近五源河附近区域适宜性等级也较高。

2.4.2 海岸带空间功能类型

根据上述模糊评价结果,以生产、生活、生态为轴等距划分形成 5×5×5 三维魔方,根据相关文献^[6,8,27],同时结合海口市相关规划以及海口海岸带的自然资源条件和社会需求,将海口海岸带空间划分为港口码头空间、农林渔牧空间、城镇建设空间、旅游娱乐空间、生态保护空间和其他空间 6 类功能空间类型(表 4 和表 5)。

表 4 海口市海岸带空间功能类型

空间类型	功能类型	说明
生产空间	港口码头空间	用于码头、防波堤、港池、航道、仓储区等
	农林渔牧空间	用于耕地、渔港、养殖、捕捞生产等
生活空间	城镇建设空间	用于城市、城镇、滨海新区、村庄、公共基础设施等
	旅游娱乐空间	用于各类临海风景旅游区、海滨浴场、海上运动等
生态空间	生态保护空间	位于国家自然保护区、海洋公园范围的海岸带空间
	其他空间	未明确开发利用用途的预留海岸带空间

表 5 海岸带功能空间对应三维坐标

空间类型	功能类型	对应坐标
生产空间	港口码头空间	(1,2,2)(1,2,3)(1,2,4)(1,2,5) (1,3,2)(1,3,3)(1,3,4)(1,3,5)
	农林渔牧空间	(2,2,2)(2,2,3)(2,2,4)(2,2,5) (2,3,2)(2,3,3)(2,3,4)(2,3,5)

续表

空间类型	功能类型	对应坐标
生活空间	城镇建设空间	(2,1,2)(2,1,3)(2,1,4)(2,1,5)
	旅游娱乐空间	(3,1,2)(3,1,3)(3,1,4)(3,1,5)
生态空间	保护利用空间	(2,2,1)(3,2,1)(2,3,1)(3,3,1)
	其他空间	(3,2,2)(4,3,2)(3,3,2)(2,2,3)
		(3,2,3)(3,3,3)(4,3,3)

注:由于评价指标选取差异,个别指标组合在实际中不存在。

2.4.3 海岸带功能空间分区

根据上述空间功能类型,结合 GIS 技术划分海口海岸带功能空间,结果如下:海口市海岸带西部片区主要为旅游娱乐空间,中心城区主要为城镇建设空间,东部片区主要为农林渔牧空间与生态保护空间两种功能类型。其中旅游娱乐空间占比为 16.84%,城镇建设空间占比为 21.18%,农林渔牧空间占比为 22.54%,生态保护空间占比为 35.77%(表 6 和图 4)。

表 6 海口市功能空间面积统计

空间类型	功能空间	面积/km ²	占比/%
生产空间	港口码头空间	5.828	1.37
	农林渔牧空间	95.651	22.54
生活空间	旅游娱乐空间	71.454	16.84
	城镇建设空间	89.861	21.18
生态空间	生态保护空间	151.777	35.77
	其他空间	9.782	2.30
总计		424.353	100.00

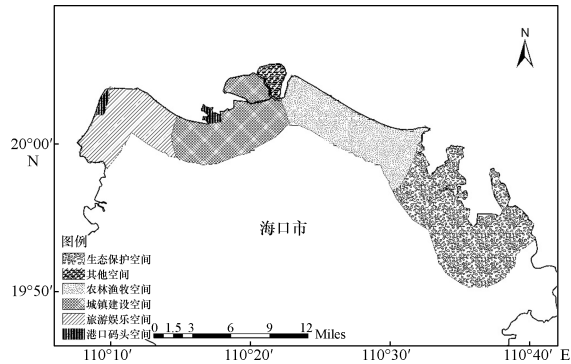


图 4 海口市海岸带功能空间分布

3 结论与讨论

3.1 结论

本研究针对海岸带地区的特殊性,以模糊理论为基础,构建评价指标体系,对海口市海岸带生产空间、生活空间和生态空间进行模糊评价,最后根据相关规划并结合海口市海岸带利用现状,探讨了海口市海岸带空间适宜功能类型,并通过三维魔方分类方法实现对海口海岸带空间进行功能分区。结果表明:①生产空间适宜性等级最高的主要分布在海口海岸带西部片区及东寨港部分区域;生活空间适宜性等级最高的区域在中心城区;生态空间适宜性等级最高的区域主要在东部片区的东寨港。②海口市海岸带三类空间分布较为平均,其中生产空间、生活空间、生态空间面积占比分别为 23.91%,38.02%,38.07%。③海口市海岸带空间可分为港口码头空间、农林渔牧空间、旅游娱乐空间、城镇建设空间、生态保护空间和其他空间等 6 种功能空间类型,其中主要功能类型为旅游娱乐空间、城镇建设空间、农林渔牧空间和生态保护空间 4 种类型,面积占比分别为 16.84%、21.18%、22.54%、35.77%。④海口市海岸带生态保护空间面积占比最大,主要分布在东部片区的东寨港。

3.2 讨论

(1) 海口海岸带虽然目前生态空间面积较大,但总体分布很不均匀,主要集中在东部片区的东寨港范围,建议未来在维持现有生态空间的基础上,加强东寨港红树林自然保护区、沿南渡江两岸和沿海岸线的带状生态公园建设,保护河流入海口、沙滩、基岩海岸、自然岬湾、潟湖和红树林等海岸带资源;另外海口海岸带东部片区沿岸生态环境质量优越,生产条件较好,是未来的发展重点。但目前开发利用程度较低,主要以农林渔牧功能为主,建议逐渐转变现有开发功能类型,逐步退耕还塘,提高陆海空间资源利用配置效率,增强陆海空间生产和服务功能,实现海岸带资源的高效利用。最后需在促进该区域经济发展和提高居民生活质量的同时,加强东寨港侵蚀海岸的整治修复。

(2) 本研究以模糊理论为基础并结合 GIS 技术,采用模糊综合评价与三维魔方分类的方法划分

海岸带空间,是对海岸带空间分区技术的探索。本研究以海口海岸带为案例进行应用研究,初步探索了海口海岸带空间功能格局,其结果为中等尺度下海岸带空间的划分方法以及功能空间类型的确定提供了借鉴与参考。通过对海岸带进行功能空间分区,一方面可以优化海岸带空间资源配置,协调海岸带空间开发与保护格局,为海岸带的可持续发展提供保障;另一方面可以依据海岸带空间主导功能类型,明确空间开发重点、开发强度以及环境保护要求等便于海岸带的综合管理。

(3) 考虑到影响海岸带空间分区的指标因素较多,本研究构建的指标体系可能不够完善,这会在一定程度上影响评价结果的科学性,因此需在今后的研究中不断增加完善指标体系。

参考文献

[1] 钟兆站.中国海岸带自然灾害与环境评估[J].地理科学进展, 1997,16(1):44—50.

[2] 徐谅慧,李加林,李伟芳,等.人类活动对海岸带资源环境的影响研究综述[J].南京师大学报(自然科学版),2014(3):124—131.

[3] LAKSHMI A,RAJAGOPALAN R.Socio-economic implications of coastal zone degradation and their mitigation: A case study from coastal villages in India[J].Ocean & Coastal Management, 2000,43(8):749—762.

[4] 马龙,于洪军,王树昆,等.海岸带环境变化中的人类活动因素[C]//中国海洋学会海岸带开发与管理分会学术研讨会论文集,青岛:海岸工程,2006.

[5] 李萍,李培英,徐兴永,等.人类活动对海岸带灾害环境的影响[J].海岸工程,2004(4):45—49.

[6] 胡恒,徐伟,岳奇,等.基于三生空间的海岸带分区模式探索:以河北省唐山市为例[J].地域研究与开发,2017,36(6):29—33.

[7] 王江涛,李双建.天津海岸基本功能划分初探[J].海洋通报, 2011,30(3):315—319.

[8] 文超祥,刘圆梦,刘希.国外海岸带空间规划经验与借鉴[J].规划师,2018(7):143—148.

[9] 康敏捷.环渤海海氮污染的陆海统筹管理分区研究[D].大连:大连海事大学,2013.

[10] 赵万忠.宏观视域下海岸带主体功能区划的分区及其管理[J].中国渔业经济,2010(4):83—89.

[11] 李杨帆,杨旸,朱晓东.连云港市海岸带功能区划初步研究[J].海岸工程,2001(4):43—50.

[12] 母容,张冉,张路平,等.基于多维决策分析的海湾海岸带主体功能区划技术研究[J].海洋开发与管理,2013,30(1):15—21.

[13] 徐照林,陈征海.浙江省海岸带林业气候区划的初步研究[J].中南林业调查规划,1988(1):30—35.

[14] 杜军,李培英,魏巍,等.中国海岸带灾害地质稳定性区划[J].自然灾害学报,2008(4):1—6.

[15] 史玉金,严学新,方正.上海海岸带地区环境地质功能区划探讨[C]//中国地质学会工程地质专业委员会.第九届全国工程地质大会论文集,中国地质学会工程地质专业委员会:工程地质学报编辑部,2012:44—48.

[16] 郑丙辉,刘宏娟,王丽娟.渤海海岸带生态分区研究[J].环境科学研究,2007(4):75—80.

[17] 王传胜,朱珊珊,党丽娟.辽宁海岸带重点生态空间分类研究[J].资源科学,2014,36(8):1739—1747.

[18] 张耀光.辽宁海洋综合经济区划分的初步探讨[J].地理学报, 1994(2):139—148.

[19] 王刚.沿海滩涂功能区划:定位、标准与划分[J].中国海洋大学学报(社会科学版),2015(1):17—22.

[20] 李鹏山,李敏,孟相彩,等.海口市建设用地生态适宜性研究[J].生态科学,2015,34(1):172—178.

[21] 马荣华,杨桂山,陈雯,等.长江江苏段岸线资源评价因子的定量分析与综合评价[J].自然资源学报,2004(2):176—182+273.

[22] 陈健飞,刘卫民.Fuzzy 综合评判在土地适宜性评价中的应用[J].资源科学,1999(4):74—77.

[23] 于永海,王延章,索安宁,等.基于模糊综合评价的基本功能岸段划分方法研究[J].大连理工大学学报,2011,51(3):447—452.

[24] 司慧娟.青海省国土空间综合功能分区与管制研究[D].北京:中国地质大学(北京),2018.

[25] 段学军,陈雯.省域空间开发功能区划方法探讨[J].长江流域资源与环境,2005(5):540—545.

[26] 范树平,程久苗,项思可.基于三维魔方的芜湖市域主体功能区划研究[J].亚热带资源与环境学报,2011,6(2):66—74.

[27] 刘阳.海南经济特区海岸带土地利用空间的功能分区及利用对策[J].贵州农业科学,2015,43(12):182—185.