

文章编号: 1674 - 5566(2016)05 - 0767 - 08

DOI:10.12024/jsou.20160101640

## 大金山岛生态承载力评价

吕雪松, 杨 红

(上海海洋大学 海洋科学学院, 上海 201306)

**摘 要:** 根据上海市近海海洋综合调查与评价(简称上海市“908”专项)的调查数据及相关遥感图像、统计年鉴、学者近年研究数据,运用层次分析法对大金山岛生态承载力进行分层指标体系构建及指标权重分析,以模糊综合评价法计算各指数隶属度值,定量分析了生态承载力与生态弹性力、资源承载力、生态系统压力三者的相关关系。研究表明:大金山岛生态弹性力、资源承载力、生态系统压力最大隶属度分别为 0.36、0.48、0.86,等级均为优;总体生态承载力最大隶属度为 0.49,等级为优。生态承载力大体上与资源承载力和生态弹性力呈正相关,与生态系统压力呈负相关。

**关键词:** 大金山岛;生态承载力;指标体系;模糊综合评价

**中图分类号:** X 826      **文献标志码:** A

无居民海岛蕴藏着极为丰富的生物、矿物、海洋能、港口、旅游和生态资源等,其特殊的地理位置决定了无居民海岛对于维护国家领土完整、海洋权益等关系到民族生存和发展的重大问题上的独特内涵和价值<sup>[1-3]</sup>。当有居民海岛开发达到一定程度后,开发者逐渐将焦点聚焦到无居民海岛,无居民海岛的开发将迎来新一轮的热潮<sup>[4]</sup>。由于无居民海岛生境脆弱、系统稳定性、抵御外界干扰能力和自然恢复能力相对较差,且生态弹性力、环境容量小,海岛生态承载能力总体处于较低水平。无居民海岛的生态特殊性决定了生态承载力评价成为其开发研究的重要依据,构建有针对性的生态承载力评价指标体系对海岛进行科学合理的评价尤为重要,更是实现无居民海岛可持续开发利用的基础和前提。

在海岛生态承载力评价中,通常采用选取某个指数,根据计算结果进行综合评价。常用的指数包括承载指数、压力指数和承载压力度等。生态承载力大小取决于 3 个方面,分别为生态弹性能力、资源承载能力和环境承载能力。因此海岛生态承载力指数从 3 个方面确定,即生态弹性力指数、资源承载指数和环境承载指数。学者们通

过不断尝试建立一些模型,如生态弹性力指数模型、资源承载力指数模型、环境承载力指数模型和生态系统压力指数模型等,以此更好地解决海岛生态承载力评价问题。2000 年, AUTIN<sup>[5]</sup>对南路易斯安娜所属五岛的土地演化进行了分析。2004 年, MCCONNELL 等<sup>[6]</sup>以马达加斯加岛(Madagascar)为例发展了农业扩展的时空模型。2007 年廖连招等<sup>[7]</sup>分析了厦门市无居民海岛植被生态现状与存在的问题,阐述了海岛生态功能定位,提出 3 种海岛生态保护方案,拟定了海岛生态保护措施及植被绿化规划,并得到了当地政府的采纳。2010 年吴珊珊等<sup>[8]</sup>借鉴了资产评估的理论和方法,从理论上探讨了无居民海岛空间资源价值评估的 3 种方法,提出无居民海岛空间资源价值评估技术的研究趋势及建议。2014 年谭华云<sup>[9]</sup>以区位理论为视角,对北部湾无居民海岛适度发展开初步探讨,为北部湾无居民海岛旅游开发和保护提供有益依据。

大金山岛是上海市无居民海岛中海拔最高、面积最大的基岩岛,且处于金山三岛海洋生态自然保护区中,其中浮山岛和小金山岛为缓冲区,大金山岛为核心区域,故本文将大金山岛选

收稿日期: 2016-01-17

修回日期: 2016-03-28

基金项目: 上海市近海海洋综合调查与评价专项(HD3, PJ1-2)

作者简介: 吕雪松(1991—),女,硕士研究生,研究方向为环境监测与评价。E-mail: xuesong121822@126.com

通信作者: 杨 红, E-mail: hyang@shou.edu.cn

为基本研究目标。目前关于生态承载力评价的研究多集中在陆域<sup>[10-11]</sup>、区域流域<sup>[12-13]</sup>或有居民海岛<sup>[14]</sup>,针对无居民海岛的研究很少,大金山岛特殊的地理位置及资源生态决定其不适合用常规的生态承载力评价指标体系进行评价。叶属峰、朱春玲等对大金山岛的资源<sup>[15]</sup>、植被<sup>[16-17]</sup>、土壤<sup>[18]</sup>等方面的研究取得了一定的成果,而关于大金山岛的生态承载力研究却未见报道。

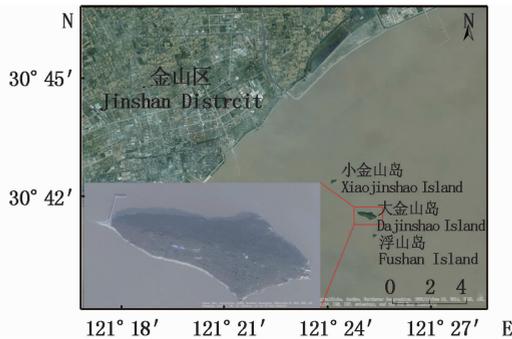


图1 大金山岛地理位置示意图

Fig. 1 Geographical position sketch map of Dajinshan Island

在上海市“908”专项出海现场调查数据的基础上,结合相关的统计资料和研究数据,构建针对大金山岛的生态承载力评价指标体系,对其生态承载力进行定量研究及评价。以期为上海市无居民海岛的开发与利用提供实际的研究案例,进一步完善无居民海岛开放与管理的方法和措施。

## 1 研究方法

### 1.1 指标体系的构建

不同地区具有不同的资源特征,保护-开发条件也不尽相同,指标的选取就不同,因此有了不同的评价指标体系<sup>[19]</sup>。合理选择评价指标是进行合理评价的前提,在构建上海市无居民海岛生态承载力评价指标体系的同时,除要遵循一般评价体系的科学有效性、灵敏性等原则之外,还要特别考虑保护-开发并行、针对性、层次性、动态性等原则。基于上述原则及相关研究数据、成果,根据层次分析法将评价指标体系分为四层,即总目标层(A)、分目标层(B)、准则层(C)、指标层(D),构成评价指标体系。

### 1.2 指标权重的确定

本文采用层次分析法,通过查阅文献和咨询

本领域专家,根据1-9级及其倒数的标度方法进行两两比较评分,在评分结果基础上运用矩阵公式对指标权重进行赋值。为了减少计算误差及对结果进行偏差校正,借助层次分析软件YAAHP 7.5进行矩阵计算,在指标权重赋值基础上进行一致性检验,判断各矩阵是否具有满意一致性、得出的权重是否合理。

### 1.3 评价等级的划分

本方法中生态承载力指标体系分级参考《生态环境状况评价技术规范(HJ/T192—2015)》、《土壤环境质量标准(GB15618—2008)》中涉及的相关标准,查阅文献结合上海市无居民海岛的情况综合决定<sup>[20-23]</sup>,将生态承载力评价体系分为4级:优(I)、良(II)、中(III)、差(IV)。

### 1.4 评价方法

选用模糊综合评价方法,对上海市大金山岛的生态承载力进行评价与分析,模糊分析法虽然是一种静态研究方法,但对于解决无居民海岛数据的不可定量性具有较好的适用性。具体可分为以下几个步骤:(1)列出评价指标权重值矩阵A;(2)参照评价指标分级标准,根据隶属度函数计算出评价因素的隶属度值,确定模糊矩阵R;(3)对权重矩阵A、模糊矩阵R相乘计算,得到 $B=A \cdot R$ ,根据最大隶属度原则,得出评价结果。详细计算过程可参见贺可强等<sup>[24]</sup>关于山东半岛城市群地质生态环境与经济协调发展及其空间数据库的研究。

## 2 结果

### 2.1 指标体系构建及权重确定

本文指标的选取是以王奎峰等<sup>[20-21]</sup>生态承载力评价的分类体系为框架,结合大金山岛的实际情况对相关指标进行筛选。根据海岛的特点和数据的获得性,本着逐层递进表征生态承载力总体水平的原则,将评价体系分为总目标层、分目标层、准则层、指标层,从生态弹性力、资源承载力、生态系统压力3方面选取指标。大金山岛生态承载力指标体系及权重详见表1。

### 2.2 评级等级划分及评价结果

由于大金山岛属于无居民基岩岛,各项指标基本稳定,依据上海市“908”专项调查结果,查阅分析遥感图像、统计年鉴资料和学者近年来的调查资料。依据相关领域标准划定评价等级如表2。

表 1 大金山岛生态承载力各级指标权重  
Tab.1 Index weight of eco-environmental carrying capacity in Dajinshan Island

总目标层 total target layer	分目标层 points target layer	权重 weight	准则层 rule levels	权重 weight	指标层 index layer	权重 weight
生态承载力 (A) Ecological carrying capacity	生态弹性力 (B1)	0.142 9	气候条件(C1)	0.020 5	气温 D1/℃	0.005 1
			土壤条件(C2)	0.086 4	湿度 D2/%	0.015 3
					土壤类型 D3	0.072 0
			土壤受污染程度 D4	0.014 4		
	降水条件(C3)	0.028 4	降水量 D5/mm	0.021 3		
	资源承载力 (B2)	0.142 9	土地资源(C4)	0.022 6	土地面积比例 D6/%	0.018 8
			淡水资源(C5)	0.019 1	土地类型 D7	0.003 8
					地下蓄水能力 D8	0.015 9
			生物资源(C6)	0.003 3	植被覆盖率 D9/%	0.003 2
					生物多样性 D10	0.000 5
			渔业资源(C7)	0.004 8	生物密度 D11	0.000 9
					生物量 D12	0.001 9
			空间资源(C8)	0.015 1	潮间带大型底栖生物量 D13/(g/m <sup>2</sup> )	0.001 2
					潮间带大型底栖生物密度 D14/(个/m <sup>2</sup> )	0.003 6
滩涂资源(C9)			0.006 0	距离大陆远近 D15/km	0.005 6	
	海岛类型 D16	0.000 8				
	海岛面积 D17/km <sup>2</sup>	0.001 3				
	海岛高程 D18/m	0.005 6				
	海岸线长度 D19/km	0.001 8				
	滩涂面积比例 D20/%	0.005 0				
	滩涂类型 D21	0.001 0				
	环境条件 D22	0.003 6				
资源条件 D23	0.0180					
风能资源(C11)	0.050 5	平均风速 D24/(m/s)	0.037 8			
		全年风频 D25	0.012 6			
生态系统压力 (B3)	0.714 3	自然影响(C12)	0.333 3	海岸侵蚀 D26	0.142 9	
		利用现状(C13)	0.047 6	海平面上升 D27	0.142 9	
				台风和风暴潮 D28	0.047 6	
		特殊保护(C14)	0.333 3	自然保护区 D29	0.015 9	
				土地利用现状 D30	0.015 9	
		围填海状况 D31	0.015 9			
珍稀或濒危物种价值 D32	0.022 2					
海洋权益 D33	0.155 6					
国防安全 D34	0.155 6					

根据模糊综合评价的方法,在确定评价等级的优良程度时已考虑正、逆指标的影响,计算得出大金山岛生态弹性力、资源承载力、生态系统压力的综合隶属度值模糊集  $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$ ,在此基础上研究分析了大金山岛生态承载力的总体状况。

### 2.3.1 生态弹性力

根据文中确定的指标和权重,结合有关数据资料及相关学者的研究,计算得出大金山岛的生态弹性力状况并进行定量研究评价。具体计算结果如下:

运用层次分析法得出相关指标的权重,并列权矩阵  $A_1$ 。

$$A_1 = (0.340\ 9, 0.113\ 6, 0.015\ 2, 0.075\ 8, 0.340\ 9, 0.113\ 6)$$

根据隶属函数计算出指标层所有指标的隶属度,确定模糊矩阵  $R_1$ 。

$$R_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0.2 & 0.8 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

根据  $B_1 = A_1 \cdot R_1$ ,得出综合隶属度值模糊集  $B_1 = \{0.36, 0.30, 0.00, 0.34\}$ 。

表 2 大金山岛生态承载力评价指标体系分级标准及现场调查结果

Tab.2 Ecological carrying capacity evaluation index system classification criteria and current situation survey results in Dajinshan Island

指标层 index layer	评价指标分级标准 Evaluation classification standard				现状 current situation	备注 remarks
	优( I ) superior	良( II ) fine	中( III ) middle	差( IV ) poor		
气温/℃ temperature	10.0	13.7	14.2	15.0	16	全年平均气温
湿度/% humidity	95	90	85	80	91	全年平均湿度
土壤类型 soil type	黏土	壤土	砂土	-	壤土	
土壤质量 soil quality	未污染	轻污染	中污染	重污染	轻污染	土壤中重金属污染程度
降水量/mm precipitation	1 000	800	600	100	大于 1 000	全年平均降雨量
降水频率 rainfall frequency	高	较高	一般	低	较高	全年降雨天数所占比例
土地面积比例/% land area ratio	50	40	30	20	95.6	滩涂以外土地所占全岛面积比例
土地类型 land type	基本农田用地	居民住宅用地	一般工业用地	特殊工业用地	林地用地	
地下蓄水能力 underground water	强	较强	一般	弱	较强	
植被覆盖率/% vegetation coverage	45	35	25	20	87%	森林面积占土地总面积之比
生物多样性 biological diversity	4	3	2	1	3.56	陆域动植物
生物密度 biological density	高	较高	一般	低	高	
生物量 biomass	高	较高	一般	低	高	
潮间带大型底栖生物量/(g/m <sup>2</sup> ) large benthic biomass in intertidal zone	20 000	10 000	5 000	1 000	8 828.1	
潮间带大型底栖生物密度 /(个/m <sup>2</sup> ) large benthic in density intertidal zone	1 000	500	200	100	1 085.6	
距离大陆远近/km distance to mainland	15	12	9	6	6.2	距大陆最近点距离
海岛类型 island type	基岩岛	冲积岛	-	-	基岩岛	
海岛面积/km <sup>2</sup> island area	2 500	100	5	0.000 5	0.229	
海岛高程/m island elevation	100	70	40	10	103.4	
海岸线长度/km coastline length	30	15	5	0.5	2.39	
滩涂面积比例/% beach area ratio	30	15	10	5	4.4	
滩涂类型 beach type	泥滩	沙滩	岩滩	-	岩滩	
环境条件 environmental conditions	好	较好	一般	差	好	交通运输、景观生态
资源条件 resource conditions	丰富	较丰富	一般	贫瘠	丰富	淡水、物种多样性
平均风速/(m/s) average wind speed	0	0.5	1.0	1.5	3.5	全年平均风速
全年风频 wind frequency of whole year	低	一般	较高	高	低	
海岸侵蚀 coastal erosion	轻微	一般	较严重	严重	一般	岸线侵蚀程度
海平面上升 sea level rise	影响较小	影响一般	影响较大	影响大	影响较小	
台风和风暴潮 typhoon and storm surge	风险较小	风险一般	风险较大	风险大	风险较小	
自然保护区 nature reserve	核心区	缓冲区	实验区	其他	核心区	
土地利用现状 land use status	未开发	一般	开放程度较高	开发程度高	未开发	
围填海状况 vai reclamation status	未涉及	围填量小	围填量一般	围填量大	未涉及	
珍稀或濒危物种价值 value of rare of endangered species	含国家一级 保护物种	含国家二级 保护物种	含国家三级 保护物种	其他	含国家二级 保护物种	
海洋权益 maritime rights and interests	高	较高	一般	低	高	
国防安全 natonal defense searity	高	较高	一般	低	一般	

从上述计算结果可以看出,4 个数值中 0.36 最大,属于 I 级,根据隶属度最大的原则,大金山岛的生态弹性力属于 I 级,即生态弹性力为优。

李延峰等<sup>[27]</sup>在对山东半岛典型海域的相关研究中得出其生态承载力季节变化差异不显著,总体生态弹性力较差,主要是由于土壤受重金属污染较严重,生态系统结构与功能退化严重。大金山岛基本土壤类型为壤土,且受陆域外源污染较小,生态弹性力总体处于较高水平。

### 2.3.2 资源承载力

根据生态弹性力的计算方法,可得出资源承载力综合隶属度值模糊集。

$$B_2 = \{0.48, 0.25, 0.21, 0.06\}$$

从上述计算结果可以看出,4 个数值中 0.48 最大,属于 I 级,根据隶属度最大的原则,大金山岛的资源承载力属于 I 级,即资源承载力为优。

大金山岛生态系统结构与功能稳定,生物及渔业资源种类、数量处于较高水平,植被覆盖率高。土地、滩涂资源具有潜在利用价值,气候条件全年变化不大,适宜生物生长,交通相对便利,有利于旅游资源的开发利用。

### 2.3.3 生态系统压力

生态系统压力综合隶属度值模糊集  $B_3 = \{0.86, 0.13, 0.01, 0.00\}$ 。

从上述计算结果可以看出,4 个数值中 0.86 最大,属于 I 级,根据隶属度最大的原则,大金山岛的生态系统压力属于 I 级,所承受压力小。

林志兰<sup>[4]</sup>等在对厦门海域无居民海岛开发适宜性评价研究中,得到由于资源限制,在厦门海域所研究的 18 个无居民海岛中,没有高度适宜开发的海岛,资源承载力水平均较低。但大金山岛则不同,除去生物资源,仍有着丰富的土壤、滩涂资源等。此外,大金山岛上人类活动并不强烈,且其面积相对较小,空间范围小,受外部因素干扰较小,未涉及污水排放、围填海工程、港口航运等人类影响较大的活动,其生态系统受人类活动的综合影响程度比沿岸区域要小,满足人类可持续性发展的需求。

### 2.3.4 生态承载力

生态承载力综合隶属度值模糊集  $B = \{0.49, 0.29, 0.16, 0.06\}$ 。

从上述计算结果可以看出,4 个数值中 0.49 最大,属于 I 级,根据隶属度最大的原则,上海市

大金山岛的生态承载力属于 I 级,即承载力为优。

上海市大金山岛之所以有良好的生态承载力,与杨晓珩<sup>[25]</sup>在对海南无居民海岛进行旅游开发模式评价中得到的结论一致,主要是因为这些无居民岛几乎没有被开发过。福建<sup>[26]</sup>有些无居民海岛就因为只关注经济效益,而没有充分考虑到海岛自身的生态系统调节能力,而在开发过程中严重超过了无居民海岛的生态承载力。

相比于有居民海岛,无居民海岛所受人因素较少,有良好的资源环境优势。海岛虽然是海洋中的一部分,但属于相对比较孤立的生态系统,且不受陆域污染的直接影响,无居民海岛的生态环境应优于有居民海岛和整体海域情况。上海市崇明岛区域生态承载力总体处于可载水平<sup>[14]</sup>,长江口<sup>[28]</sup>和杭州湾<sup>[29]</sup>海域生态系统处于亚健康状态,大金山岛生态承载力水平明显优于长江口和杭州湾海域,该结果与前人的研究成果一致。

## 3 结论

基于模糊综合评价法及层次分析法,对大金山岛的生态环境承载力进行定量评价,生态环境承载力大小的最终确定是根据环境承载力、生态弹性力与生态系统压力三者状态空间中的组合而定。(1)大金山岛生态弹性力最大隶属度为 0.36,为 I 级。大金山岛基本土壤类型为壤土,且受陆域外源污染较小,加之气候和降水条件良好,生态弹性力总体处于较高水平。(2)大金山岛资源承载力最大隶属度为 0.48,为 I 级。大金山岛生态系统结构与功能稳定,资源丰富,承载力水平为优,具有较强的开发潜力。(3)大金山岛生态系统压力最大隶属度为 0.86,为 I 级。大金山岛处于杭州湾内,自然环境稳定,相对独立,受人类活动影响小,系统承受压力程度低。(4)大金山岛生态承载力最大隶属度为 0.49,为 I 级。生态环境承载力大体上与环境承载力和生态弹性力呈正相关,与生态系统压力呈负相关。

参考李石斌<sup>[30]</sup>在研究海南岛周边无居民海岛开发利用适宜性中给出的无居民海岛开发利用评判流程,以及苏婷<sup>[31]</sup>对上海市佘山岛、鸡骨礁等的研究成果,综合本文评价结果得到应对上海市大金山岛采取限制开发的政策。目前上海

市大金山岛的生态承载力总体虽然处于较高水平,但若若要维持生态承载力基本稳定,首先必须保护较好的生态环境并使资源能够持续利用。加之金山岛作为自然保护区的核心区域,更应重点保护其生物资源,尤其在生物多样性方面更应加大投入保护力度,同时提供政策保障。金山三岛现已逐步发展为旅游保护区,但旅游开发势必会影响到岛屿的生态环境保护,所以应严格限制登岛人数,并明确文明登岛的要求,以减少污染和对海岛生态环境的人为干扰。

### 参考文献:

- [1] 杨红, 苏婷, 戴小杰. 上海市无居民岛土地资源开发适宜性研究[J]. 上海海洋大学学报, 2012, 21(1): 92-96.  
YANG H, SU T, DAI X J. Suitability evaluation of land resources of non-resident islands in Shanghai[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2012, 21(1): 92-96.
- [2] 刘容子, 齐连明. 我国无居民海岛价值体系研究[M]. 北京: 海洋出版社, 2006.  
LIU R Z, QI L M. Study on the value system of China's nonresident Islands[M]. Beijing: Ocean Press, 2006.
- [3] 彭超. 我国海岛可持续发展初探[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2006.  
PENG C. The research on sustainable development of island in China[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2006.
- [4] 林志兰, 黄宁, 陈秋明, 等. 无居民海岛开发适宜性评价指标体系的构建和在厦门海域的应用[J]. 台湾海峡, 2012, 31(1): 136-142.  
LIN Z L, HUANG N, CHEN Q M, et al. Index system establishment for exploitation suitability assessment of uninhabited island and its application in Xiamen sea area [J]. Journal of Oceanography in Taiwan, 2012, 31(1): 136-142.
- [5] AUTIN W J. Landscape evolution of the Five islands of south Louisiana: Scientific policy and salt dome utilization and management[J]. Geomorphology, 2002, 47(2/4): 227-244.
- [6] MCCONNELL W J, SWEENEY S P, MULLEY B. Physical and social access to land: Spatio-temporal patterns of agricultural expansion in Madagascar [J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2004, 101(2/3): 171-184.
- [7] 廖连招, 黄明群, 刘正华. 厦门市无居民海岛植被生态保护方案与规划[J]. 台湾海峡, 2007, 26(3): 430-434.  
LIAO L Z, HUANG M Q, LIU Z H. Concept and planning for the ecological protection of vegetation on non-residential sea islands[J]. Journal of Oceanography in Taiwan, 2007, 26(3): 430-434.
- [8] 吴姗姗, 么艳芳, 齐连明. 无居民海岛空间资源价值评估技术探讨[J]. 海洋开发与管理, 2010, 27(3): 5-8.  
WU S S, YAO Y F, QI L M. On the assessment techniques of space resources of uninhabited Islands [J]. Ocean Development and Management, 2010, 27(3): 5-8.
- [9] 谭华云. 区位理论视阈下的北部湾无居民海岛旅游开发研究[J]. 南宁职业技术学院学报, 2014, 19(1): 76-78.  
TAN H Y. Research on tourism development of uninhabited islands in Beibu gulf from the perspective of location theory [J]. Journal of Nanning Polytechnic, 2014, 19(1): 76-78.
- [10] 蒋依依, 王仰麟, 李卫锋, 等. 城市生态可持续发展量度方法探讨——以深圳市为例[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2005, 41(4): 612-621.  
JIANG Y Y, WANG Y L, LI W F, et al. Measuring urban ecological sustainability: A case study in Shenzhen city[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2005, 4(4): 612-621.
- [11] 殷培杰, 杜世勇, 白志鹏. 2008年山东省17城市生态承载力分析[J]. 环境科学学报, 2011, 31(9): 2048-2057.  
YIN P J, DU S Y, BAI Z P. Analysis and evaluation of the ecological carrying capacity of 17 cities in Shandong Province in 2008[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2011, 31(9): 2048-2057.
- [12] 王淼, 袁栋. 无居民海岛使用权转让问题探讨[J]. 中国海洋大学学报(社会科学版), 2007, (3): 5-8.  
WANG M, YUAN D. A probe into assignment of right to use uninhabited Islands[J]. Journal of Ocean University of China (Social Sciences Edition), 2007, (3): 5-8.
- [13] 张祥国. 无居民海岛开发的环境问题及其可持续利用[J]. 生态经济, 2011, (4): 165-167.  
ZHANG X G. Environmental problems and sustainable utilization about Non-resident Islands' exploitation [J]. Ecological Economy, 2011, (4): 165-167.
- [14] 陈乐天, 王开运, 邹春静, 等. 上海市崇明岛区生态承载力的空间分异[J]. 生态学杂志, 2009, 28(4): 734-739.  
CHEN L T, WANG K Y, ZOU C J, et al. Spatial differentiation of ecological carrying capacity of Chongming Islands, Shanghai[J]. Chinese Journal of Ecology, 2009, 28(4): 734-739.
- [15] 纪焕红, 叶属峰, 黄秀清. 上海市金山三岛海域浮游动物分布特征[J]. 海洋通报, 2004, 23(5): 87-91.  
JI H H, YE S F, HUANG X Q. Distributional characteristics of zooplankton in Jinshan-Three-Island sea area[J]. Marine Science Bulletin, 2004, 23(5): 87-91.
- [16] 朱春玲, 韩玉洁, 谢锦忠, 等. 上海大金山岛森林群落调查与特征分析[J]. 林业科技开发, 2008, 22(6): 57-59.  
ZHU C L, HAN Y J, XIE J Z, et al. Investigation and

- analysis on characteristics of forest communities in Dajinshan Island, Shanghai [J]. *China Forestry Science and Technology*, 2008, 22(6): 57-59.
- [17] 达良俊, 杨永川, 陈燕萍. 上海大金山岛的自然植物群落多样性[J]. *中国城市林业*, 2004, 2(3): 22-25.  
DA L J, YANG Y C, CHEN Y P. The diversity of plant community on Dajinshan Island, Shanghai [J]. *Journal of Chinese Urban Forestry*, 2004, 2(3): 22-25.
- [18] 程芳, 程金平, 桑恒春, 等. 大金山岛土壤重金属污染评价及相关性分析[J]. *环境科学*, 2013, 34(3): 1062-1066.  
CHENG F, CHENG J P, SANG H C, et al. Assessment and correlation analysis of heavy metals pollution in soil of Dajinshan Island [J]. *Environmental Science*, 2013, 34(3): 1062-1066.
- [19] 徐丽雯, 柯丽娜. 海岛可持续发展评价指标体系的建立与探讨[J]. *河南科技*, 2013, (15): 192-193.  
XU L W, KE L N. Establishment and discussion of evaluation index system for sustainable development of island [J]. *Journal of Henan Science and Technology*, 2013, (15): 192-193.
- [20] 王奎峰, 李娜, 于学峰, 等. 山东半岛生态环境承载力评价指标体系构建及应用研究[J]. *中国地质*, 2014, 41(3): 1018-1027.  
WANG K F, LI N, YU X F, et al. The construction and application of the index system of eco-environmental carrying capacity in Shandong peninsula [J]. *Geology in China*, 2014, 41(3): 1018-1027.
- [21] 王奎峰, 李娜, 于学峰, 等. 基于 P-S-R 概念模型的生态环境承载力评价指标体系研究——以山东半岛为例[J]. *环境科学学报*, 2014, 34(8): 2133-2139.  
WANG K F, LI N, YU X F, et al. Eco-environmental carrying capacity evaluation index system based on the concept of P-S-R model-A case study in Shandong Peninsula [J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 34(8): 2133-2139.
- [22] 涂振顺, 杨顺良. 无居民海岛生态承载力评价方法构建[J]. *海洋开发与管理*, 2014, 31(10): 16-19, 29.  
TU Z S, YANG S L. Evaluation method of ecological carrying capacity of uninhabited islands [J]. *Ocean Development and Management*, 2014, 31(10): 16-19, 29.
- [23] 郭伟其, 陈德昌, 苏诚, 等. 上海市无居民海岛的资源特征分析[J]. *海洋开发与管理*, 2009, 26(2): 23-26.  
GUO W Q, CHEN D C, SU C, et al. Analysis on the characteristic of resources in uninhabited Islands of Shanghai [J]. *Ocean Development and Management*, 2009, 26(2): 23-26.
- [24] 贺可强, 侯新文, 尹明泉, 等. 地质生态环境与经济协调发展及其空间数据库研究——以山东半岛城市群地区分析为例[M]. 北京: 科学出版社, 2010.  
HE K Q, HOU X W, YIN M Q, et al. The geological and ecological environment and economy coordinated development and spatial database of the city group in Shandong Peninsula area analysis as an example [M]. Beijing: Science Press, 2010.
- [25] 杨晓毗. 海南无居民海岛旅游开发模式评价及选择研究[D]. 海口: 海南大学, 2015.  
YANG X P. A study on the evaluation and selection of tourism development pattern of uninhabited islands in Hainan [D]. Haikou: Hainan University, 2015.
- [26] 陈倩. 福建省无居民海岛开发利用研究[D]. 福州: 福州大学, 2010.  
CHEN Q. Exploitation of the nonresidential Islands in Fujian Province [D]. Fuzhou: Fuzhou University, 2010.
- [27] 李延峰. 山东半岛典型海域生态环境承载力评价[D]. 青岛: 中国科学院研究生院(海洋研究所), 2014.  
LI Y F. An integrated methodology for assessment of marine eco-environment carrying capacity in Shandong Peninsula [D]. Qingdao: Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, 2014.
- [28] 叶属峰, 刘星, 丁德文. 长江河口海域生态系统健康评价指标体系及其初步评价[J]. *海洋学报*, 2007, 29(4): 128-136.  
YE S F, LIU X, DING D W. Ecosystem health assessment of the Changjiang River Estuary: Indicator system and its primarily assessment [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2007, 29(4): 128-136.
- [29] 张海波. 杭州湾海洋生物多样性和生态系统健康评价研究[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2009.  
ZHANG H B. Studies on the marine biodiversity and ecosystem health assessment of Hangzhou Bay [D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2009.
- [30] 李石斌. 海南无居民海岛旅游可持续发展评价指标体系及应用研究[D]. 海口: 海南大学, 2014.  
LI S B. A study on the construction and application of the assessment system of tourism sustainable development for uninhabited island in Hainan [D]. Haikou: Hainan university, 2014.
- [31] 苏婷. 上海市无居民岛资源环境现状及其开发适宜性研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2011.  
SU T. Research on characters of natural resources and environment of non-resident Islands in Shanghai and its exploitation suitability [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2011.

## Evaluation of ecological carrying capacity of Dajinshan Island

LÜ Xuesong, YANG Hong

(College of Marine Sciences, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** According to the survey data from Integrated Investigation and Assessment of Shanghai Coastal Ocean (908 Project for short), as well as the related remote sensing images, statistical yearbook and research data by scholars in recent years, we established the layered index system and analyzed the index weight to the ecological carrying capacity of Dajinshan Island by using Analytic Hierarchy Process. The membership degree value of each index was calculated through Fuzzy Comprehensive Evaluation to quantitatively analyze the correlation between ecological carrying capacity and ecological resilience, carrying capacity of resources, and ecosystem stress. This study shows that the maximum membership degree of the ecological resilience, carrying capacity of resources and ecosystem stress of Dajinshan Island are 0.36, 0.48 and 0.86, respectively, and the ratings are all excellent. And the maximum membership degree of total ecological carrying capacity is 0.49, and the rating is excellent. We conclude that ecological carrying capacity is generally positively correlated with the carrying capacity of resources and ecological resilience, while it is negatively correlated with ecosystem stress.

**Key words:** Dajinshan Island; eco-environmental carrying capacity; index system; fuzzy comprehensive judgment