

厦门城市空间拓展的生态敏感性评价

陈鹏, 庄孔造, 蔡鹭春

(国家海洋局第三海洋研究所, 厦门 361005)

摘要: 在综合分析海湾型城市自然生态与社会生态属性的基础上, 选取了高程、坡度、河流水库、植被覆盖、土地覆盖和生态保护区等6个因子, 作为生态敏感性评价的指标。另外, 借助GIS空间分析单因子评价与多因子加权综合评价方法, 研究了生态敏感性程度及其空间分布特征, 将厦门的生态敏感性划分为4级: 不敏感、较敏感、中敏感和高敏感。综合评价结果表明, 厦门市生态敏感性在空间分布上差异显著: 高度敏感区占研究区总面积的28.1%, 低敏感区和不敏感区分别占研究区总面积的27.9%和33.6%。中度敏感区占的比例较小, 仅为10.4%。

关键词: 海湾城市; 生态敏感性; 评价; 空间分析; 厦门

DOI: 10.3724/SP.J.1047.2013.00389

1 引言

生态敏感性评价是对自然环境背景下潜在的生态环境问题进行明确辨识, 以揭示其空间分布^[1-3]。目前, 国内外对于生态敏感性研究已从单一生态敏感问题发展到生态敏感性综合评价, 尺度则包括了国家、流域、省域和市县范围^[4-6], 但是, 研究的指标体系选择存在较大的随意性^[7-9], 而综合自然和人文因素探讨区域生态敏感性的研究还不多见^[10-11]。市县级尺度上的生态敏感性研究对城市区域开发更具有指导意义^[12-13], 约束城市空间扩展的因素复杂多样, 而生态敏感性评价模型能较好地以空间信息图谱的方式分析城市空间拓展的适宜性^[14]。随着海湾型城市发展战略的实施, 厦门市已经成为了海峡西岸经济区中最引人注目和最具有活力的地区。本研究旨在运用生态学的原理, 分析海湾城市空间拓展涉及的敏感性生态系统, 了解自然资源的生态潜力及其可能产生制约的因素, 从而引导城市空间的合理发展。

2 研究区地理特征与数据源

(1) 厦门市地处福建省东南部九龙江口, 位于

24°24'~24°55'N, 117°53'~118°25'E之间, 背靠漳州、泉州, 面对大小金门岛, 与台湾、澎湖列岛隔海相望。全市陆域面积1573km², 海域面积344km²。厦门市的地形由西北向东南倾斜。西北部多中低山, 其中, 位于同安与安溪交界处的云顶山海拔1175.2m, 为全市最高的山峰。从西北往东南, 依次分布着高丘、低丘、阶地、海积平原和滩涂, 南面是厦门岛和鼓浪屿。厦门岛是福建省第4大岛, 面积为140km², 地势由南向北倾斜, 西北部较为平坦, 南部多山, 海拔339.6m, 经海堤、跨海大桥和海底隧道同大陆接壤。周边海域主要包括西部海域、九龙江河口海域、南部海域、东部海域和同安湾海域, 其间岛屿星罗棋布。厦门属亚热带季风型海洋性气候, 气温变化小, 年平均气温20.9℃, 年平均降水量为1388mm。2003年厦门市行政区划调整为厦门岛内的思明区、湖里区, 以及岛外的同安区、翔安区、集美区和海沧区。2010年厦门市生产总值2060.07亿元, 人口353万人^[15]。

(2) 本研究数据源包括: ① 2010年SPOT5影像等数据, 并衍生植被覆盖度指数与现状土地利用类型解译数据; ② ASTER GDEM(分辨率30m×30m, 中国科学院计算机网络信息中心科学数据中心 <http://datamirror.csdb.cn>) 地形起伏数据, 用于生成

收稿日期: 2012-09-13; 修回日期: 2013-04-01.

基金项目: 2011年中国海监科技支撑计划项目(200208); 厦门市科技计划项目(3502Z20062011)。

作者简介: 陈鹏(1973-), 男, 新疆伊犁人, 博士, 高级工程师, 研究方向为海岛海岸带资源环境综合评价。

E-mail: chenpeng@gmail.com

研究区的数字高程模型。③其他辅助数据包括:2008年厦门市行政区划图(1:5.5万),用于定义研究区边界;厦门市生态城市建设规划图集与环境功能区划图集;厦门市统计年鉴;其他参考文献资料等。

3 厦门市生态敏感性评价分析

3.1 评价指标体系与方法

影响生态敏感性的因子从自然生态属性与社会生态属性2个方面来选取相关评价因子(表1)。

自然生态因子包括高程、坡度、植被覆盖度、河流水库等;社会生态因子包括土地覆盖类型、生态保护区等。各评价因子的分级阈值在专家咨询和参考厦门市相关研究成果的基础上,利用ArcMap的自然断点法(Natural Break),将各因子生态敏感性程度分为4个不同等级,即高度敏感、中度敏感、较敏感和不敏感,分别赋值为1、3、5和7。

区域生态敏感性评价的建模流程大致为:数据导入及栅格化→派生数据集→重分类数据集→赋权给各分类数据集→叠加计算及图形输出。为了便于不同生态因子数据进行空间叠加运算,将各评

表1 厦门市生态敏感性评价因子与分级

Tab.1 Assessment factors and grades of ecological sensitivity in bay-type city of Xiamen

因子	分级	不敏感	低度敏感	中度敏感	高度敏感
		1	3	5	7
自然生态	高程 m(0.1)	0~25	25~100	100~300	> 300
	坡度 (0.1)	< 5°	5~15°	15~25°	> 25°
	植被覆盖度 (0.2)	< 0.535	0.535~0.645	0.645~0.749	> 0.749
	距河流水库距离 m(0.1)	< 100	100~500	500~1000	> 1000
社会生态	土地覆盖类型 (0.3)	城市用地	农用地、养殖区、盐田、其他海域	水库坑塘、浅海、滩涂	林地、河流、红树林、沙滩
	距生态保护区距离 m(0.2)	> 2000	1000~2000	500~1000	< 500

注:表内括号中的数字为评价因子权重值

价因子统一到相同坐标系(WGS-84)和投影系统(Gauss-Kruger投影)中,并将各评价因子栅格(.grid格式)大小统一为30m×30m。数据处理平台为ArcGIS9.3和Erdas9.0。采用ArcGIS平台将各评价因子制成栅格专题图层,运用多因子生态敏感综合评价指数模型^[16-17],权重值的确定采用专家咨询评分法^[18],对单一指标的专题图进行像元的空间叠加运算^[19-20],确定研究区域综合生态敏感性评价成果。

3.2 评价指标信息的提取

(1)地形是影响生态敏感性的一个重要地理因子。采用Aster数据生成厦门市数字高程模型,利用ArcGIS的3D Analyst模块功能产生TIN模型,并派生出高程和坡度等栅格数据集。

(2)归一化植被指数(NDVI)是植物生长状况及生态环境的原生态保持程度的最佳指示因子。计算植被指数的公式为:NDVI=(B3-B2)/(B3+B2),其中,B2、B3为SPOT5影像的波段。在ERDAS IMAGINE中处理,得到2010年NDVI指数分布影像。

(3)厦门市主要的河流水系为西溪、九溪、官浔溪、后溪;饮用水源有石兜-坂头水库、汀溪水库、莲花水库、小坪水库与曾溪水库等,应急与备用水库,如湖边水库、石垄水库、店头水库与东山水库等,及一般保护性水域(杏林湾)等。利用ArcGIS的Spatial analyst模块的直线距离模型生成河流水库缓冲区栅格模型,以距河流水库的距离划定敏感度等级。

(4)对SPOT5影像进行监督分类,以人机交互解译提取土地利用类型与滨海湿地类型专题信息。其中,土地利用类型包括城市用地(居民地、建设用地、交通用地等)、农用地、林地、水库水塘、河流、养殖区与盐田等类型;海域部分则包括浅海水域(水深<6m)、其他海域(水深>6m)、滩涂、红树林与沙滩等类型。

(5)生态保护区是以保护野生动植物、重要生态系统与风景区等自然-人文综合体为核心的区域。根据厦门市生态城市建设规划图集,对生态保护区图件进行矢量化处理,保护区类型包括森林公园、风景名胜、生态公益林、海洋自然保护区等。利用ArcGIS的Spatial analyst模块的直线距离模型

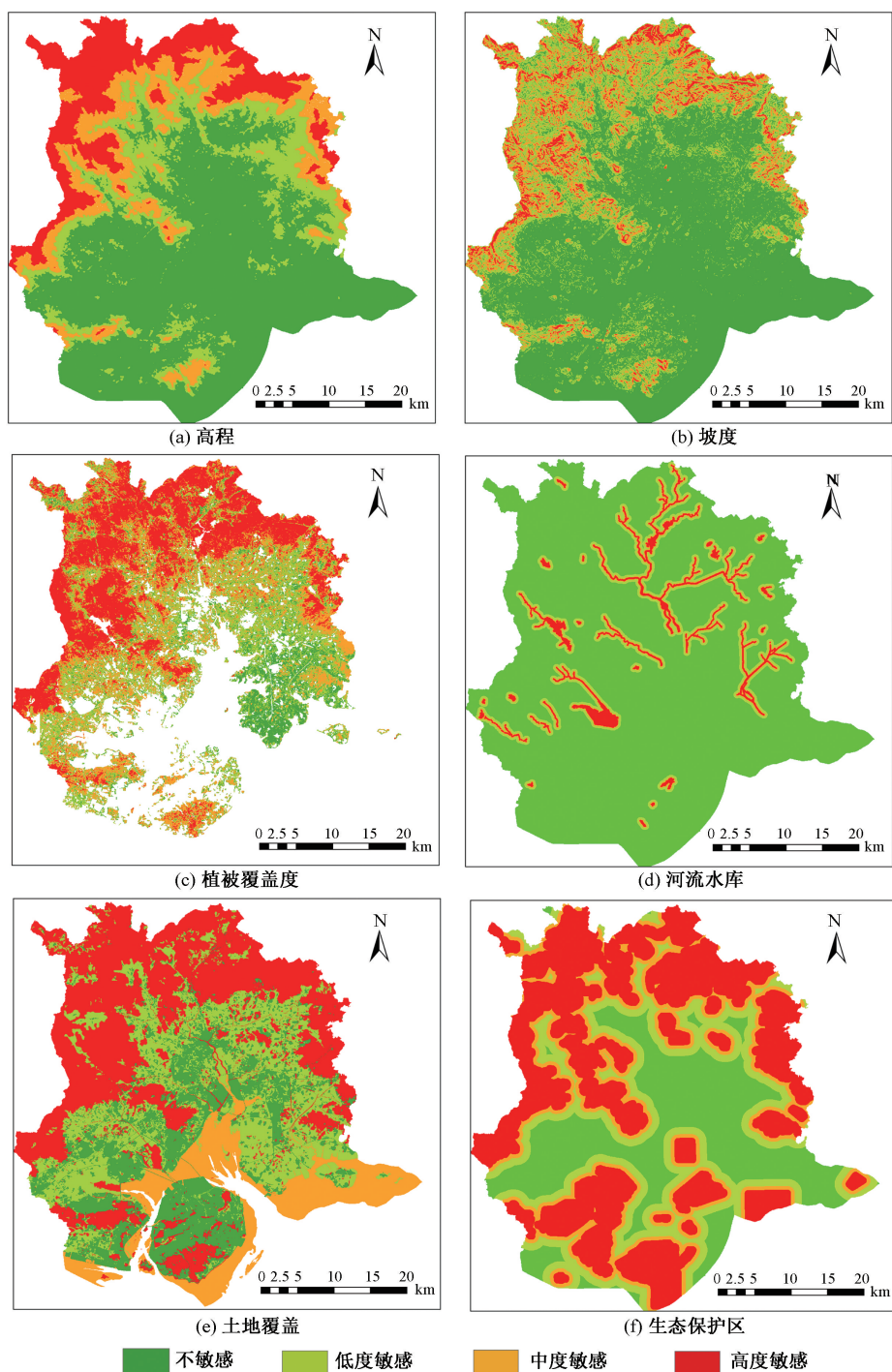


图1 生态敏感因子空间分布图

Fig.1 Spatial distribution of ecological sensitivity factors

生成生态保护缓冲区栅格模型,以距生态保护区的距离划定敏感度等级。

3.3 生态敏感性评价结果与分析

3.3.1 评价结果

(1) 单因子评价结果

自然生态因子的生态敏感性总体较低(图1(a)、(b)、(c)): 高程低敏感区(小于100m区域)占研究区总面积的71%,坡度低敏感区(小于15°的区域)占82.7%;植被覆盖度高敏感区与中度敏感区也仅占到研究区总面积的39%,河流水库的高敏感区和中度敏感区所占比例最小(6.7%)。地形因子与

植被覆盖的生态敏感性空间分布规律比较接近,高敏感区呈环带状集中分布于厦门市北部区域,在南部区域有小片区域分布,而低敏感区集中分布在中部;河流水库高敏感区与中度敏感区呈枝杈状分布于厦门岛外区域。

社会生态因子生态敏感性总体较高(图1(d)、(e)、(f)):土地覆盖的高度和中度敏感区占研究区总面积的49.4%,低度敏感区为29.2%,不敏感区域为21.5%;生态保护区的高敏感区占整个研究区总面积的43.8%,低度敏感区为18%,不敏感区域为25.3%。土地覆盖与生态保护区的生态敏感空间分布较相同,陆地区域高敏感区分布在厦门市北部,低敏感区主要分布在中部;海域属生态敏感性较高区域,以中度敏感和高度敏感为主。

(2)综合评价结果:参见图2,在整个厦门市范围内,高度敏感区域占28.1%,中度敏感区域占10.4%,而低敏感区域占到27.9%,不敏感区域占33.6%。从其空间分布上看,综合敏感性空间分布有明显的水平地带性。高敏感区域主要集中在厦门市北部环状地带范围内,多为在生态系统结构和功能上具有重要作用的自然景观系统,在景观尺度上属于生态保护核心区域;中度敏感区呈斑点状、枝杈状分布,生态功能上起生物踏脚石和生态廊道作用;高敏感区与中度敏感区以“点-线-面”结构组成了维护区域生态安全的骨架。低度敏感区分布在高敏感区与中度敏感区的外围缓冲地带,属敏感性过渡区。非敏感区域的土地利用类型以城市用地、农用地为主,属人工经营性景观,宏观层面上作

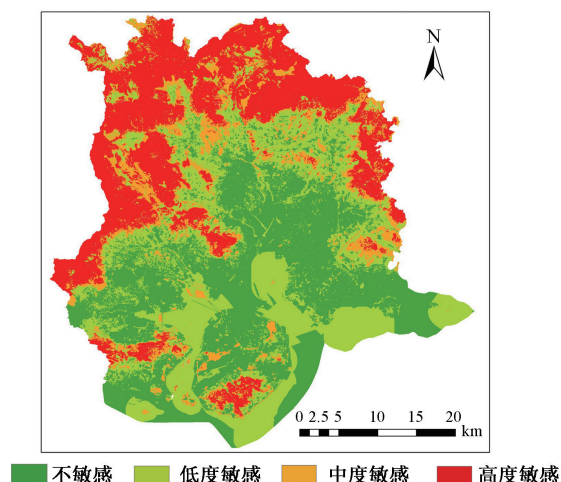


图2 厦门市综合生态敏感性评价空间分布图

Fig.2 Spatial distribution of comprehensive ecological sensitivity in Xiamen City

为生态控制区加以引导,进行合理利用,保障该区域健康持续发展。海域综合生态敏感多处于低度敏感区,只有若干点缀其中的海岛在敏感状态上表现为中度敏感,这也反映了海洋环境自身具有的较强的干扰调节机制。

3.3.2 生态敏感性分区特征分析

从生态敏感性的土地利用类型的分布看(图3(a)),林地的高度敏感分布占80.2%,中度敏感分布占17.8%,低敏感分布(低度敏感区与不敏感区)仅占2%;农用地的低度敏感分布占56.5%,不敏感分布占29.5%,中度敏感分布为13.4%,高度敏感分布仅占0.6%;城市用地的非敏感分布超过80%,中度与高敏感分布仅占约1%;河流水库的高度敏感分布为9.2%,中度敏感分布为55.3%;浅海与滩涂的低度敏感分布均超过60%;其他海域的低度敏感分布占43.5%,不敏感分布占56.3%。在海岛型城市向海湾城市拓展过程中,农业生产、城乡建设等高强度的土地利用活动大多是在生态敏感度较低的区域进行。

从生态敏感性在各行政辖区的分布统计情况看(图3(b)),厦门岛内高度敏感区主要分布在思明区(24.6%),不敏感区主要集中在厦门岛的北部,以湖里区占优(77.3%)。厦门岛以外区域,高生态敏

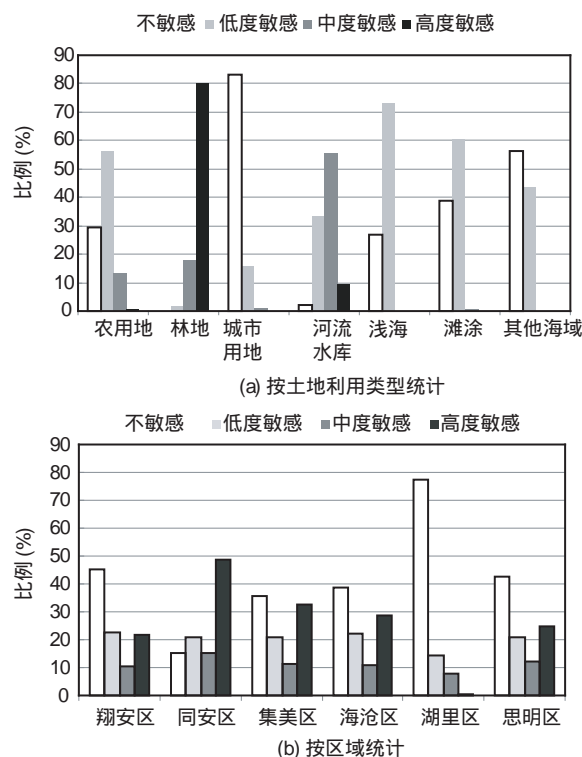


图3 生态敏感等级分区统计图

Fig.3 Zonal statistics map of ecological sensitive Grades (%)

感区在同安区所占比例最高(50%),其次为集美区、海沧区和翔安区;而岛外的不敏感区域在同安区分布最少(12%),其次为翔安区、海沧区与集美区。

4 结论

(1)生态敏感性评价的关键是通过敏感性分析找出城市中敏感与脆弱的区域,并对该区域进行调控与保护,保证城市的自然基础不被破坏,以利于城市的可持续发展。本文针对区域资源环境现状特性与生态环境健康发展要求,构建了自然生态因子和社会生态因子。评价指标体系,用遥感与GIS技术,对整个海湾城市空间范围进行生态敏感性分析,明确了其空间分布边界。评价成果将为引导城市空间拓展中土地利用优化调控与生态环境保护提供科学参考。

(2)生态敏感性评价结果表明:从单因子评价的角度,基于自然生态因子的生态敏感性总体较低,而基于社会生态因子的生态敏感性总体较高;从综合评价的角度,生态敏感性空间分布具有明显的水平地带性特点,其中高度敏感区域占28.1%,中度敏感区域占10.4%,低敏感区域占27.9%,不敏感区域占33.6%。在从海岛型城市向海湾城市拓展过程中,农业生产、城乡建设等高强度的土地利用活动大多是在生态敏感度较低的区域进行,城市拓展比较适宜的方向为湖里区和翔安区,而其制约方向则是同安区。

参考文献:

- [1] 国务院西部开发办领导小组办公室,国家环境保护总局.生态功能区划暂行规程[R],2002.
- [2] 徐福留,曹军,陶澍,等.区域生态系统可持续发展敏感因子及敏感区分析[J].中国环境科学,2000,20(4):361-365.
- [3] 杨志峰,徐俏,何孟常,等.城市生态敏感性分析[J].中国环境科学,2002,22(4):360-364.
- [4] 刘康,欧阳志云,王效科,等.甘肃省生态环境敏感性评价及其空间分布[J].生态学报,2003,23(12):2711-2718.
- [5] 颜磊,许学工,谢正磊,等.北京市域生态敏感性综合评价[J].生态学报,2009,29(6):3117-3125.
- [6] 钟林生,唐承财,郭华.基于生态敏感性分析的金银滩草原景区旅游功能区划[J].应用生态学报,2010,21(7):1813-1819.
- [7] 欧阳志云,王效科,苗鸿.中国生态环境敏感性及其区域差异规律研究[J].生态学报,2000,20(1):9-12.
- [8] 徐广才,康慕谊,赵从举,等.阜康市生态敏感性评价研究[J].北京师范大学学报(自然科学版),2007,43(1):88-92.
- [9] 曹建军,刘永娟. GIS支持下上海城市生态敏感性分析[J].应用生态学报,2010,21(7):1805-1812.
- [10] 黄静,崔胜辉,李方一,等.厦门市土地利用变化下的生态敏感性[J].生态学报,2011,31(24):7441-7449.
- [11] 汪洋,赵万民.城市总体规划生态敏感空间信息图谱的GIS构建[J].中国园林,2007(10):54-56.
- [12] 张冶华,徐建华,韩贵锋.生态敏感区划分指标体系研究[J].生态科学,2007,26(1):79-83.
- [13] 潘峰,田长彦,邵峰,等.新疆克拉玛依市生态敏感性研究[J].地理学报,2011,66(11):1497-1507.
- [14] 黄勇,汪洋,赵万民.城市拓展空间信息图谱的建构与诊断[J].土木建筑与环境工程,2009,31(3):98-103.
- [15] 厦门市统计局,国家统计局厦门调查队.厦门经济特区年鉴[M].北京:中国统计出版社,2011,7-19.
- [16] 沈清基,徐溯源,刘立耘,等.城市生态敏感区评价的新探索——以常州市宋剑湖地区为例[J].城市规划学刊,2011(1):58-66.
- [17] 杨月圆,王金亮,杨丙丰.云南省土地生态敏感性评价[J].生态学报,2008,28(5):2253-2260.
- [18] 张培,党安荣,张远智.面向数字城市总体规划生态敏感信息价图谱构建的GIS方法[J].地理信息世界,2009(1):75-79.
- [19] 吴金华,李纪伟,朱鸿儒.基于ArcGIS区统计的延安市土地生态敏感性评价[J].自然资源学报,2011,26(7):1180-1188.
- [20] 汤国安,杨昕. ArcGIS地理信息系统空间分析实验教程[M].北京:科学出版社,2006.

Ecological Sensitivity Assessment of Bay-type City in Xiamen

CHEN Peng*, ZHUANG Kongzao and CAI Luchun

(Third Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Xiamen 361005, China)

Abstract: With the implementation of development strategy of bay-type city, Xiamen City has been one of the most dynamic regions of the Western Taiwan Straits Economic Zone. However, it confronts the conflicts between the rapidly spatial expansion and the limited resources and environment. Based on the characteristic of natural ecology and social ecology of Xiamen City, taking example by related researched, elevation, slope, NDVI, rivers and reservoirs, land cover and protected area were selected to form the ecological sensitivity assessment indicator system. With the help of spatial analysis function of geographic information system, the ecological sensitivity degrees and their spatial distribution of the study area were quantitatively analyzed by single-factor evaluation method and multifactor weighted integrated assessment method. According to the level of ecological sensitivity, the study region was subdivided into four grades: insensitive, low sensitive, moderate sensitive, and highly sensitive. The integrated evaluation result showed that, significant differences were found in special distribution of Xiamen's ecological sensitivity. The high sensitive regions, accounting for 28.1% of total area, mainly concentrated in the northern part of Xiamen City, which displayed a half annular distribution. The moderate sensitive regions, which shared only 10.4% of total area, are presented as irregular spots or branches. The low sensitivity area, with 27.9% of total area, was distributed around the peripheral buffer zone of high sensitive regions and moderate sensitive regions. The insensitive areas, which accounted for 33.6% of total area, were mainly located in artificial business landscape. It was also found that the appropriate development area was Huli and Xiang'an District, while inappropriate development area was Tong'an District. This study could provide scientific references for land use optimization and regional eco-environment protection countermeasures in the process of urban development.

Key words: bay-type city; ecological sensitivity; assessment; spatial analysis; Xiamen

*Corresponding author: CHEN Peng, E-mail: chenpeng@gmail.com