基于 Landsat 遥感数据的长岛南部岛群景观格局演化研究

郭连杰[1], 江　涛[1], 严立文[2], 黄　珏[1]

(1. 山东科技大学 测绘科学与工程学院, 山东 青岛 266510; 2. 中国科学院海洋研究所, 山东 青岛 266071)

摘要: 为了了解长岛南部岛群在经济发展背景下的景观格局及未来变化趋势, 利用 1990~2015 年 6 景 LandsatTM5、TM7 和 OLI8 影像数据源, 基于地理信息系统(GIS)平台采用决策树分类的方法对长岛南部岛群的景观类型进行了分类, 并结合 Frag-stats 软件提取 7 种不同的景观格局指数, 对长岛南部岛群的景观格局演化特征进行了系统分析。结果显示, 人为活动是近年来长岛南部岛群景观格局演化的主要驱动力, 该岛群景观类型变化以建设用地、水产养殖用地增加和林地减少为特征, 建设用地斑块聚集度指数较高, 斑块的聚集度指数逐年增加, 整体上斑块的聚集度和连通性很好。不同景观指数(SHDI(景观斑块多样性)、PAFRAC(周长面积分维数)、PD(斑块密度指数)、LSI(斑块形状指数)、CA(斑块面积指数)、AI(景观聚集度指数)、COHESION(斑块结合度指数))对人为扰动因子均具有良好的表征。相关研究结论可为长岛南部岛群综合管理和生态红线划定提供有效依据。

关键词: 景观生态学; 景观格局指数; 遥感影像; 长岛南部岛群

中图分类号: Q149　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 1000-3096(2017)04-0075-07

DOI: 10.11759/hykx20160711001

海岛生态系统是一种相对独立的生态系统, 由于其地域的孤立性和生态系统的独特性和易损性引起广泛的关注, 近年来针对海岛生态脆弱性的研究已经成为一个热点。景观格局演化特征是测度区域可持续发展和生态环境健康度的一种重要工具, 不少学者在这方面做了许多有益探索。Steiner[1]也对景观格局的优化方法有过总结和归纳, 并进一步分析了城市景观的发展; 林明太等[2]、陈金华等[3]对湄洲岛的景观格局变化和环境脆弱性进行了分析; 王常颖等[4]也基于景观格局变化特征对长岛南部岛群的生态安全性和驱动力进行了解析。目前来看, 人为因子扰动的因素已经成为海岛生态环境变化的一种主要驱动力, 如何识别这种人为干预的强度和影响程度成为海岛综合管理和海岛生态红线划定的关键所在。本文以人为开发程度较高的长岛县南部岛群为例, 探讨人为扰动因子对该区岛群景观格局演化的长期影响。

1　研究区域介绍

长山岛南部岛群位于胶东、辽东半岛之间, 在黄渤海交汇处, 包括南北长山岛、老黑山岛、小黑山岛和庙岛。气候条件上属暖温带季风型大陆性气候, 具有雨水适中、空气湿润、气候温和的特点。年平均气温 11.9℃, 年平均降水量为 560 mm。该区地理环境条件优越[5], 植被类型以针叶林、落叶阔叶林、杂生港灌木及草类为主, 植被覆盖率 46.92%为主, 长岛是国际上重要的候鸟迁徙的中转站和必经之路, 也是省级斑海豹保护区, 具有重要的生态价值。就社会经济而言, 长山岛南部岛群扇贝、海参等养殖业发展迅速, 城镇建设规模日益增大。旅游业已经成为当地经济发展的重要支柱产业之一。本文以高强度开发较为典型的长山岛南部岛群作为研究对象, 采用地物类型和景观格局指数分析的方法对人为扰动的强度进行识别, 并对长山岛南部岛群 1990 年以来的景观格局演化趋势进行了系统分析。

2　数据源及处理方法

数据源采用 1990 年、1995 年、2000 年、2005 年 Landsat TM5 遥感影像, 2010 年 Landsat TM7 和 2015 年 Landsat OLI8 遥感影像, 分辨率为 30 m。研究区规划矢量图包括长岛区南部岛群以及周边海域, 投影坐标统一为 WGS_1984_UTM_Zone_51N。

收稿日期: 2016-06-10; 修回日期: 2016-11-22

基金项目: 青年科学基金项目(41306190); 海洋公益性行业科研专项经费项目 ((DOMEP(MEA)-01-05)—201505012-3)

[Foundation: National Science Foundation for Young Scientists of China No. 41306190; Special Funds for Scientific Research of Marine Public Welfare Industry ((DOMEP(MEA)-01-05)—201505012-3)]

作者简介: 郭连杰(1991-), 男, 山东德州人, 硕士研究生, 研究方向为遥感科学与技术, 电话: 15153232913, E-mail: 1371498986@qq.com

地物类型划分以全国土地分类标准[6]2 级标准为依据, 将长岛区南部群岛划分为 8 类: (1)耕地, 包括灌溉水田、菜地和旱地等; (2)林地, 包括有林地、疏林地、未成林造林地等; (3)草地, 包括天然和人工草地; (4)建设用地, 包括农村居民点、城镇建设用地、工业用地等; (5)周围海域; (6)未利用地, 包括沙地、裸岩、裸土、滩涂等; (7)水产养殖用地, 海参、海带、贝类等养殖区; (8)交通运输用地。基于 GIS 平台, 选择归一化植被指数(NDVI)、归一化建筑物指数(NDBI)和坡度数据为分类的结点数据, 采用决策树分类[7]和目视解译相结合的方法进行不同地物类型的识别, 具体结点结构如图 1。

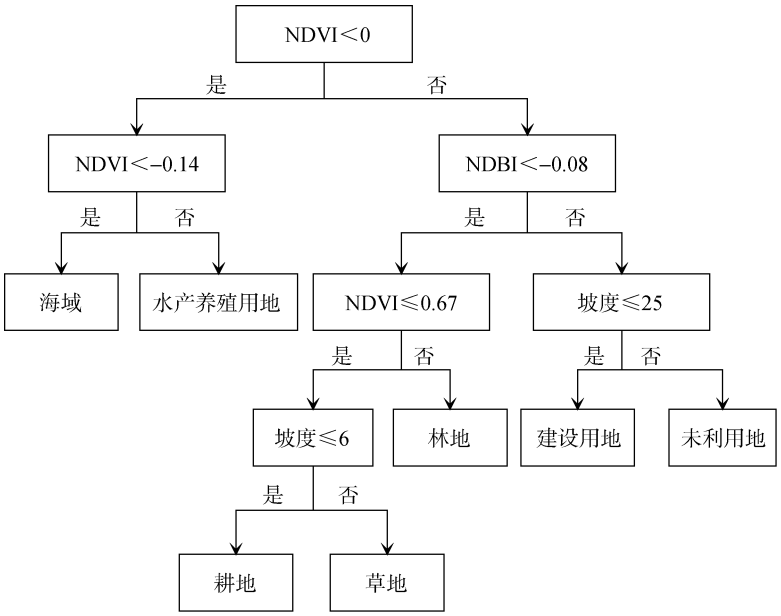


图 1　决策树分类

Fig. 1　Decision tree classification

景观格局指数是分析区域生态环境演化的重要参照指标之一, 在地物类型分类的基础上, 采用 Frag-stats 进行计算提取共获得 7 种景观格局指数分布特征, 包括 SHDI(景观斑块多样性)、PAFRAC(周长面积分维数)、PD(斑块密度指数)、LSI(斑块形状指数)、CA(斑块面积指数)、AI(景观聚集度指数)、COHESION(斑块结合度指数)[8-14]。综合上述指标对 1990~2015 年长岛景观格局演化进行分析。

3　结果与分析

3.1　地物类型变化特征

1990 年与 2015 年长岛南部岛群地物类型转换变化具体情况见图 2。

整体来看, 水产养殖面积增加 545.534 ha, 增幅最大; 耕地增加 142.253 ha, 建设用地增加 192.50 ha, 交通运输用地总用地增加 106.731 ha, 同时导致林地减少 493.370 ha, 减少幅度最大。结合长岛县社会经济统计年鉴分析, 2000 年之前长岛的发展以第一产业的农业为主[15], 耕地面积增长较快, 同时耕地的开垦导致林地的减少。1995 年长岛开始出现影像可见水产养殖水域, 2000 年之后发展迅速, 2015 年已经出现大面积的水产养殖基地。交通运输用受人类活动影响最大, 人类扰动越多交通运输用地的复杂度也会越高, 2015 年长岛的交通运输用地系统已经比较完善, 形成了一定的交通运输用地交通运输网。综合来看, 人为开发活动是 1990~2015 年长岛南部岛群地物类型转换的主要驱动因素。

3.2　1990~2015 年不同地物类型景观指数变化

3.2.1　CA 年际变化分析

CA 是一个度量景观要素面积特征的指标, 有重要的生态学意义, 其值的大小制约着以此类型斑块作为聚居地的物种的丰度、数量、食物链及其次生种的繁殖等[13]。各地物类型面积年际变化见图 3, 1990~2000 年主要表现为建设用地、耕地、草地和海域斑块面积的减少, 林地和未利用地的增加, 幅度

较小; 2000~2010 年表现为林地、海域和未利用地的减少, 耕地、草地、水产养殖和交通运输用地的增加, 幅度较大, 说明人类活动强度在逐渐增大; 2010~2015 年主要为建设用地和水产养殖面积增加, 草地、耕地、海域等的减少, 幅度较小, 说明长岛区南部岛群整体景观格局趋于稳定, 区域有序化。

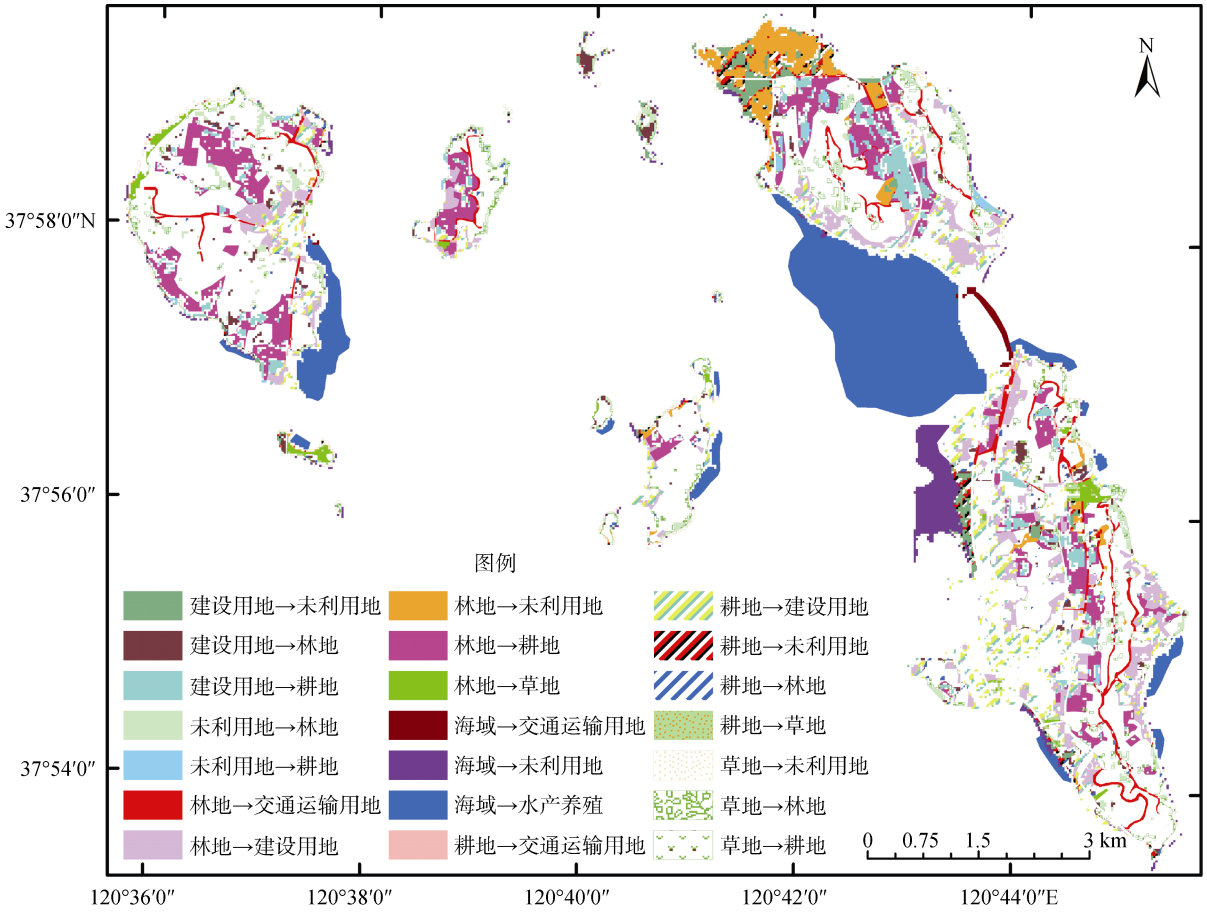


图 2　1990~2015 年长岛区地物类型变化

Fig.2　The Changdao Island area feature type change map during 1990—2015

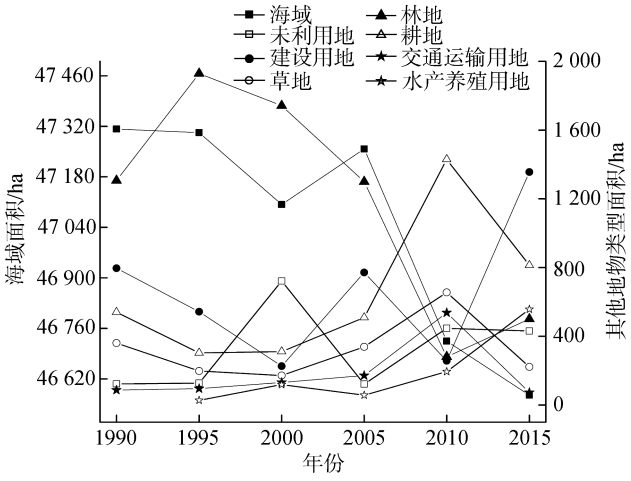


图 3　1990~2015 年长岛区斑块面积指数变化

Fig. 3　The change of CA in the Changdao Island area during 1990—2015

3.2.2　LSI 年际变化分析

LSI 取值范围为 LSI≥1, 无上限值。取值为 1 时表征景观由一单独的正方形组成, 值的大小随着斑块类型间的分散而增大[12]。图 4 示 1990~1995 年长岛区南部岛群 LSI 整体呈明显下降趋势, 说明在这 5 年人类活动对长岛区南部岛群的干扰最强烈。1995~2005 年 LSI 变化平稳, 说明人类开发活动明显减弱。2005~2015 年 LSI 呈减小趋势, 主要因为水产养殖业和旅游业的迅速发展, 导致建设用地、草地、林地等斑块更加人为化、规则化, 使得 LSI 逐渐减小。水产养殖斑块形状指数在 2005 年之前变化幅度较小, 到 2010 年达到最大值 22, 至 2015 年减小到 8 左右, 反映了长岛县水产养殖由原来的“小规模”到“大规模自由养殖”, 再到“集体有序”的良性发展。综上得, LSI 的变化与人类活动具有很强的相关性, LSI 大小总体

上与开发活动强度成负相关。

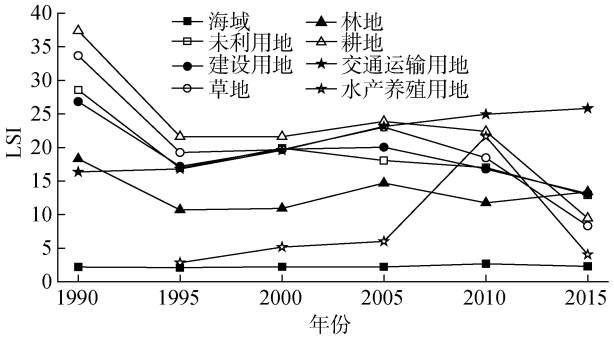


图 4　1990~2015 年长岛区斑块形状指数变化

Fig. 4　The change of LSI in the Changdao Island area during 1990—2015

3.2.3　PD 年际变化分析

PD 是描述景观破碎化的重要指标。值越大，表示破碎化程度越大[14]。斑块密度和斑块数有非常类似的基本功能，除了它表达的是单位面积上的斑块数，还有利于不同大小景观间的比较。长岛南部岛群 PD 变化见图 5，1990~1995 年长岛区南部岛群 PD 整体急剧下降，尤其是耕地、草地、建设用地和未利用地，说明在这 5 年之间人类活动对长岛区南部岛群的干扰最强烈。1995~2005 年开发强度减弱，整体斑块密度保持在稳定状态。2005 年之后斑块密度呈减小趋势，主要因为开发活动加剧和旅游业的迅速发展，导致散乱的建设用地斑块面积扩大合并，草地、林地等斑块呈更加景观化、规则化的特征，导致斑块密度指数减小。水产养殖斑块密度在 2005 年之前保持稳定，到 2010 年 PD 增加至 0.5 左右，至 2015 年又恢复至较低的斑块密度水平，反映了长岛县海水养殖从“低规模”、“高规模、无序”到“高规模、有序”的发展状态。通过上述分析得出，PD 的变化很好地表征了人类开发活动对当地景观格局和生态系统的影响，PD 大小总体上与开发活动强度成负相关。

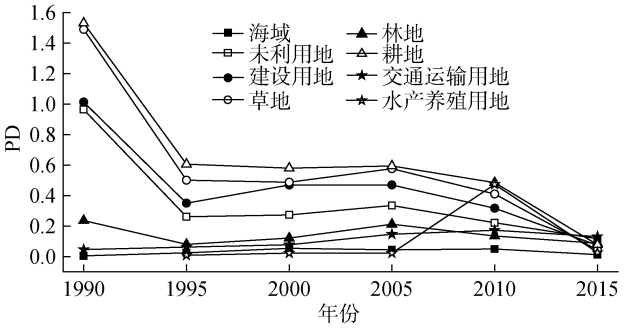


图 5　1990~2015 年长岛区斑块密度指数变化

Fig. 5　The change of PD in the Changdao Island area during 1990—2015

3.2.4　AI 年际变化分析

AI 表示某景观要素的网格自相邻的公共边缘数与其最大可能公共边缘数之比，值越高，表明同类景观要素的聚集程度越高[11]。长岛南部岛群 AI 变化见图 6，斑块聚集度指数整体呈增长趋势。由于海域和交通运输用地的特点，斑块聚集度常年保持稳定。林地主要分布在坡度比较大的地方，不适宜人类活动，受人为扰动相对草地和未利用地较小，所以斑块聚集度指数变化不大。1995~2010 年水产养殖斑块聚集度指数逐年下降，说明 2010 年之前水产养殖基地分布比较零散，2010 年之后指数骤增，与斑块密度指数呈负相关；建设用地、耕地、草地、未利用地的 AI 变化也呈逐渐增加的趋势。总体来看，1990~2015 年期间，受自然条件约束的斑块 AI 较为稳定，而受人类活动扰动的斑块 AI 则呈逐渐增加的趋势，AI 大小与开发活动强度成正相关。

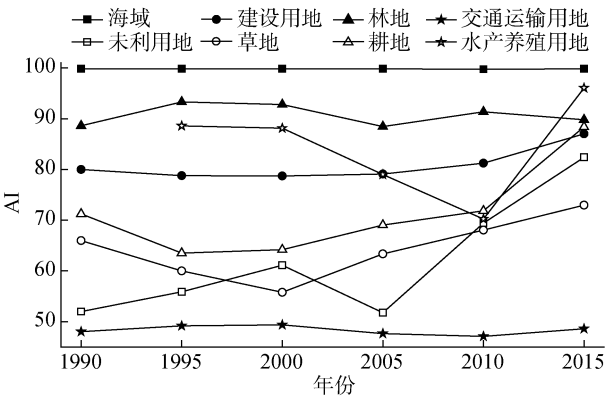


图 6　1990~2015 年长岛区斑块聚集度指数化

Fig. 6　The change of AI in the Changdao Island area during 1990—2015

3.3　长岛南部岛群整体景观格局演化

基于南部岛群决策树分类的整体斑块分布情况，在不区分地物类型的情况下对整体斑块特征做了进一步分析，以探讨整体景观格局演化，分析计算结果见图 7。PAFRAC 主要反映不同空间尺度的性状的复杂性，南部岛群 PAFRAC 呈逐渐减小的趋势，表明人为开发使不同地物斑块向规整、降维的趋势发展。SHDI 反映景观异质性，特别对各斑块类型非均衡分布状况较为敏感，强调稀有斑块类型对信息的贡献[12]，主要体现空间异质性。1990~2015 年间，长岛南部岛群 SHDI 呈稳定增长的趋势，总体上，人类开发活动跟景观格局呈正反馈。LSI 和 PD 的变化一

致, 1990~1995 年与 2010~2015 年人类活动强烈导致斑块结合, 形状趋于简单时指数减小; 1995~2010 年间人类活动减弱, 两指数变化不大, 说明 LSI 和 PD 受人为扰动影响较大。COHESION、AI 变化趋势类似, 其值大小主要体现人类开发导致的斑块的聚集性和连通性, 具体可以表征城镇整体规划的合理性和交通路网的完善性, 1990~2015 年期间, 人类活动导致相关类型斑块聚集, 指数增大, 而 COHESION 的近线性增长则很好的表征了长岛南部岛群交通路网设施不断完善的情况。

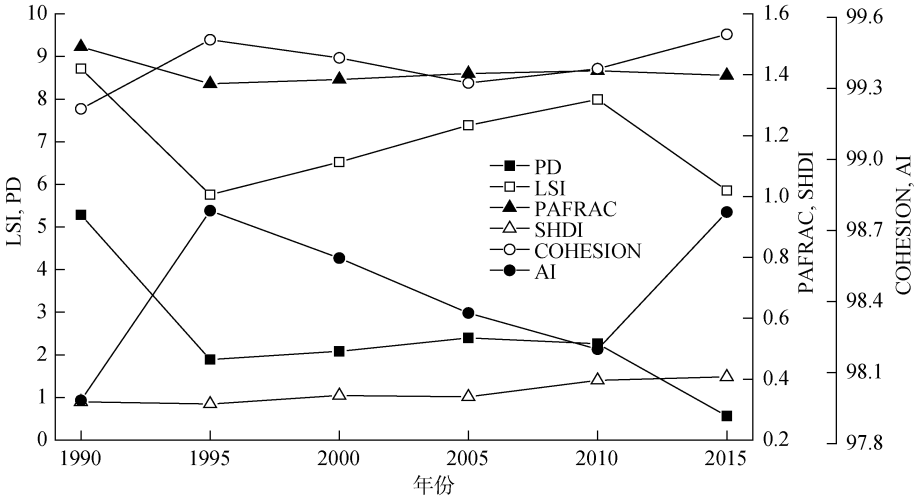


图 7　1990~2015 年长岛区南部岛群整体景观指数变化

Fig. 7　The Changdao Island District in the south island group of the overall landscape bureau change map during 1990—2015

4　结论

文章选取 1990 年、1995 年、2000 年、2005 年 Landsat TM5 遥感影像, 2010 年 Landsat TM7 和 2015 年 Landsat OLI8 遥感影像等六期数据作为基本数据, 利用 ArcGIS 技术提取长岛区南部岛群的地物类型分布以及 1990~2015 年的地物类型变化分布并分析了地物演变特征; 利用 Frag-stats 软件提取了 6 期影像的景观格局分布, 研究了长岛南部岛群主要景观格局演化特征, 得出如下结论: (1)从地物类型变化上, 1990~2000 年主要为林地、水产养殖和未利用地的增加, 海域、建设用地、耕地和草地的减少; 2000~2010 年经济的复苏, 使得耕地、水产养殖和交通运输用地等不断增加, 林地和海域骤减; 2010~2015 年政府在发展经济的同时, 大力保护生态环境, 治理海水污染, 发展可持续经济, 各地物类型面积出现小幅度变化, 整体趋于稳定; (2)从景观格局指数变化可以得出, 1990~1995 年斑块形状指数整体下降, 斑块形状趋于规则化, 斑块密度整体下降, 斑块数量减少; 1995~2005 年整体景观格局变化不明显; 2005~2015 年斑块聚集度指数增加, 同类地物逐渐合并; 斑块形状指数大幅下降, 斑块形状进一步趋于规则化, 有序化; 斑块密度指数整体下降, 斑块数量减少。随着长岛县整体开发规划的实施, 不同斑块类型的规则化、有序化和连通性逐步增加, 整体景观格局趋于稳定; (3)在人类开发活动干扰强度的表征上, 不同景观指数(PD、AI、CA、LSI、COHESION、SHDI)均具有良好的表征意义, 其中 LSI、PD 与人为扰动因子呈负相关, CA、SHDI、PAFRAC 和 COHESION 与人为扰动基本上呈正相关。

参考文献:

[1] Steiner F. Urban landscape perspectives[J]. Land, 2014, 3(1): 342-350.

[2] 林明太, 孙虎, 郭斌. 福建旅游型海岛景观格局变化——以妈祖圣地湄洲岛为例[J]. 生态学杂志, 2010, 29(7): 1414-1419.
Lin Mingtai, Sun Hu, Guo Bin. Landscape pattern change in sea island——Matsu of Fujian tourism San Diego case study of Meizhou Island[J]. Chinese Journal of Ecology, 2010, 29(7): 1414-1419.

[3] 陈金华, 郑虎. 旅游型海岛资源环境脆弱性研究——以福建湄洲岛为例[J]. 资源开发与市场, 2014, 30(7): 828-832.
Chen Jinhua, Zheng Hu. Study on tourism resources and environmental vulnerability of the island——a case study of Meizhou Island of Fujian[J]. Resource Development & Market, 2014, 30(7): 828-832.

[4] 王常颖, 张杰, 辛红梅, 等. 基于景观格局的海岛开发潜在生态风险评价[J]. 生态学报, 2008, 28(6): 2813- 2816.
Wang Changying, Zhang Jie, Xin Hongmei, et al. Island development and potential ecological risk assessment based on landscape pattern[J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(6): 2813-2816.

[5] 马成亮. 山东长岛列岛植物区系及群落结构研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2007.
Ma Chengliang.Flora of Changdao archipelago in Shandong and study on the community structure[D]. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2007.

[6] GB/T21010-2007, 土地利用现状分类标准[S]. 2007.
GB/T21010-2007, The national land classification standards[S]. 2007.

[7] 潘琛, 林怡, 陈映鹰. 基于多特征的遥感影像决策树分类[J]. 光电子·激光, 2010, 21(5): 732-733.
Pan Chen, Lin Yi, Chen Yingying. Decision tree classification of remote sensing images based on multiple characteristics [J]. Journal of Optoelectronies·Laser, 2010, 21(5): 732-733.

[8] 张芸香, 郭晋平. 森林景观斑块密度及边缘密度动态研究-以关帝山林区为例[J]. 生态学杂志, 2001, 20(1): 18-21.
Zhang Yunxiang, Guo Jinping. Forest patch density and edge density Dynamics-a case of Guandi mountain forest region [J]. Chinese Journal of Ecology, 2001, 20(1): 18-21.

[9] 李斌, 张金屯. 黄土高原草原景观斑块形状的指数和分形分析[J]. 草地学报, 2010, 18(2): 142-144.
Li Bin, Zhang Jintun. Prairie landscape on the Loess plateau and fractal analysis of patch shape index [J]. Acta Agrestia Sinica, 2010, 18(2): 142-144.

[10] 刘梦莹, 江帆, 刘勇. 过去 20 年兰州新区秦王川地区土地利用景观格局变化[J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30(11): 112-115.
Liu Mengying, Jiang fan, Liu Yong. Over the past 20 years of land use and landscape pattern change in Lanzhou area of Qinwangchuan area [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2016, 30(11): 112-115.

[11] 刘晶, 刘学录, 侯莉敏. 祁连山东段山地景观格局变化及其生态脆弱性分析[J]. 干旱区地理, 2012, 35(5): 797-802.
Liu Jing, Liu Xuelu, Hou Limin. Landscape pattern change in Qilian Mountain and their ecological vulnerability analysis [J]. Arid Land Geography, 2012, 35(5): 797-802.

[12] 陈雅琳, 常学礼, 崔步礼. 山东半岛流域面积对果园分布格局的影响[J]. 水土保持研究, 2007, 14(2): 264-266.
Chen Yalin, Chang Xueli, Cui Buli. Distribution patterns of basin area on orchard in Shandong Peninsula [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2007, 14(2): 264-266.

[13] 范强, 杜婷, 杨俊, 等. 1982-2012 年南四湖湿地景观格局演变分析[J]. 资源科学, 2014, 36(4): 866-871.
Fan Qiang, Du Ting, Yang Jun, et al.1982-2012 Nansihu wetland landscape pattern change analysis[J]. Resources Science, 2014, 36(4): 866-871.

[14] 陈爱莲, 孙然好, 陈利顶. 传统景观格局指数在城市热岛效应评价中的适用性[J]. 应用生态学报, 2012, 23(8): 2080-2083.
Chen Ailian, Sun Ranhao, Chen Liding. Traditional landscape pattern in the evaluation of the urban heat island effect of the applicability[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2012, 23(8): 2080-2083.

[15] 烟台市综合信息中心技术支持. 长岛县历年主要经济指标[EB/OL]. [2008-2016]. http: //www.changdao.gov.cn/cn/content/gov/tjxx/index.jsp.
Yantai Comprehensive Information Center Technical Support. Main economic indicators of Changdao county over the years [EB/OL]. [2008-2016]. http: //www.changdao.gov.cn/cn/content/gov/tjxx/index.jsp.

[16] 王巍. 长岛县经济与环境协调发展研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2013.
Wang Wei. Changdao study on the coordinated development between economy and environment [D]. Qingdao: Ocean University of China, 2013.

Study on the evolution of landscape patterns in the south of the Changdao Island based on Landsat remote sensing data

GUO Lian-jie[1], JIANG Tao[1], YAN Li-wen[2], HUANG Jue[1]

(1. College of Surveying and Mapping Science and engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266510, China; 2. The Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China)

Received: Jul.11, 2016
Key words: landscape ecology; landscape pattern index; remote sensing image; the south island group of the Changdao Island

Abstract: This paper aims to classify the landscapes of the southern islands of the Changdao Island chain using the Landsat TM5, TM7, and OLI8 image data sources from 1990 to 2015, based on the Geographic Information System (GIS) platform and the decision tree classification method. The Frag-stats software was used to extract the pattern indices of the seven different landscapes. The landscape pattern evolution characteristics of the southern island group of the Changdao Island chain were systematically analyzed. The results showed that the anthropogenic activity was the main driving force for the evolution of the landscape pattern for this landscape in recent years. The landscape pattern was characterized by the increase of construction, aquaculture, and forest land, the increase of the aggregation index of plaques every year, and good aggregation degree and connectivity of plaques. Different landscape indices, i.e., Patch Density (PD), Aggregation Index (AI), Class Area (CA), Landscape Shape Index (LSI), Patch Cohesion Index (COHESION), Shannon's Diversity Index (SHDI), all exhibit characteristics of human disturbance factors. The conclusion can provide the effective basis for the integrated management of the island groups and the delineation of ecological red lines.

(本文编辑: 刘珊珊)