

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第14期 Vol.31 No.14 2011

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报 (SHENTAI XUEBAO)

第31卷 第14期 2011年7月 (半月刊)

目 次

| | |
|---------------------------------------|----------------------|
| 厦门市三个产业土地利用变化的敏感性..... | 黄 静,崔胜辉,李方一,等 (3863) |
| 黄河源区沙漠化及其景观格局的变化..... | 胡光印,董治宝,逯军峰,等 (3872) |
| 岩溶山区景观多样性变化的生态学意义对比——以贵州四个典型地区为例..... | 罗光杰,李阳兵,王世杰,等 (3882) |
| 基于城市地表参数变化的城市热岛效应分析 | 徐涵秋 (3890) |
| 北京市土地利用生态分类方法..... | 唐秀美,陈百明,路庆斌,等 (3902) |
| 长白山红松臭冷杉光谱反射随海拔的变化..... | 范秀华,刘伟国,卢文敏,等 (3910) |
| 臭冷杉生物量分配格局及异速生长模型..... | 汪金松,张春雨,范秀华,等 (3918) |
| 渔山岛岩礁基质潮间带大型底栖动物优势种生态位..... | 焦海峰,施慧雄,尤仲杰,等 (3928) |
| 食物质量差异对树麻雀能量预算和消化道形态特征的影响..... | 杨志宏,邵淑丽 (3937) |
| 桂西北典型喀斯特区生态服务价值的环境响应及其空间尺度特征..... | 张明阳,王克林,刘会玉,等 (3947) |
| 隔沟交替灌溉条件下玉米根系形态性状及结构分布..... | 李彩霞,孙景生,周新国,等 (3956) |
| 不同抗病性茄子根系分泌物对黄萎菌的化感作用..... | 周宝利,陈志霞,杜 亮,等 (3964) |
| 铜在草-菇-土系统中的循环与生物富集效应 | 翁伯琦,姜照伟,王义祥,等 (3973) |
| 鄱阳湖流域泥沙流失及吸附态氮磷输出负荷评估 | 余进祥,郑博福,刘娅菲,等 (3980) |
| 柠条细根的分布和动态及其与土壤资源有效性的关系..... | 史建伟,王孟本,陈建文,等 (3990) |
| 土壤盐渍化对尿素与磷酸脲氨挥发的影响..... | 梁 飞,田长彦 (3999) |
| 象山港海域细菌的分布特征及其环境影响因素..... | 杨季芳,王海丽,陈福生,等 (4007) |
| 近地层臭氧对小麦抗氧化酶活性变化动态的影响..... | 吴芳芳,郑有飞,吴荣军,等 (4019) |
| 抑制剂和安全剂对高羊茅根中酶活性和菲代谢的影响..... | 龚帅帅,韩 进,高彦征,等 (4027) |
| 南苜蓿高效共生根瘤菌土壤的筛选..... | 刘晓云,郭振国,李乔仙,等 (4034) |
| 汉江上游金水河流域土壤常量元素迁移模式..... | 何文鸣,周 杰,张昌盛,等 (4042) |
| 基于地理和气象要素的春玉米生育期栅格化方法 | 刘 勤,严昌荣,梅旭荣,等 (4056) |
| 日光温室切花郁金香花期与外观品质预测模型 | 李 刚,陈亚茹,戴剑锋,等 (4062) |
| 冀西北坝上半干旱区南瓜油葵间作的水分效应..... | 黄 伟,张俊花,李文红,等 (4072) |
| 专论与综述 | |
| 鸟类分子系统地理学研究进展 | 董 路,张雁云 (4082) |
| 自然保护区空间特征和地块最优化选择方法 | 王宜成 (4094) |
| 人类活动是导致生物均质化的主要因素..... | 陈国奇,强 胜 (4107) |
| 冬虫夏草发生的影响因子..... | 张吉忍,余俊锋,吴光国,等 (4117) |
| 自然湿地土壤产甲烷菌和甲烷氧化菌多样性的分子检测..... | 余晨兴,全 川 (4126) |
| 研究简报 | |
| 塔里木河上游典型绿洲不同连作年限棉田土壤质量评价 | 贡 璐,张海峰,吕光辉,等 (4136) |
| 高山森林凋落物分解过程中的微生物生物量动态..... | 周晓庆,吴福忠,杨万勤,等 (4144) |
| 生物结皮粗糙特征——以古尔班通古特沙漠为例..... | 王雪芹,张元明,张伟民,等 (4153) |
| 不同海拔茶园害虫、天敌种群及其群落结构差异 | 柯胜兵,党凤花,毕守东,等 (4161) |

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 306 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 33 * 2011-07



封面图说:内地多呈灌木状的沙棘,在青藏高原就表现为高大的乔木,在拉萨河以及雅鲁藏布江沿岸常常可以看到高大的沙棘林和沼泽塔头湿地相映成趣的美丽景观。

彩图提供:陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

黄静, 崔胜辉, 李方一, 李扬, 马克明. 厦门市三个产业土地利用变化的敏感性. 生态学报, 2011, 31(14): 3863-3871.

Huang J, Cui S H, Li F Y, Li Y, Ma K M. The sensitivity of Xiamen's three industrial sectors to land use changes. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(14): 3863-3871.

厦门市三个产业土地利用变化的敏感性

黄 静^{1,2,3,4}, 崔胜辉^{2,3,*}, 李方一^{2,3,4}, 李 扬^{2,3,4}, 马克明¹

(1. 中国科学院生态环境研究中心, 城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085;

2. 中国科学院城市环境研究所, 中国科学院城市环境与健康重点实验室, 厦门 361021;

3. 厦门市城市代谢重点实验室, 厦门 361021; 4. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要:沿海城市人类生存和发展依赖于海岸带生态系统所提供的各类生态系统服务。伴随城市化进程的加快和开发利用程度的提高,沿海城市生态系统受到自然和人类活动越来越大的压力,正面临着剧烈的环境问题,如气候变化、海平面上升、海岸侵蚀等,各种尺度的海岸带脆弱性研究日益引起诸多学者的关注。敏感性是脆弱性分析中的主要因素之一,敏感性指在系统内部、系统与系统之间、复合系统之间相互作用的关系中,用来表征某个系统应对其内部或外部因素变化的响应程度。土地利用变化是城市化过程的集中体现,沿海城市土地利用变化深刻影响了区域生态系统服务的供给、需求和空间配置,进而影响依赖于这些服务的社会产业部门。以厦门市为例,识别沿海城市 3 个主要产业——渔业、港口航运业、滨海旅游业依赖的主要生态系统服务,构建沿海城市产业部门的土地利用变化敏感性指数,利用生态系统服务价值变化率与土地利用强度变化率的比值对产业部门在土地利用变化背景下的敏感性响应灵敏程度进行表征。计算结果表明,渔业的生态系统服务价值由 1987 年的 1.526×10^9 元,减小为 1992 年的 1.485×10^9 元,增加为 2002 年的 2.614×10^9 元,再下降为 2007 年的 1.113×10^9 元;港口航运业的生态系统服务价值由 1987 年的 2.138×10^9 元下降为 1992 年的 1.963×10^9 元,增加为 2002 年的 2.187×10^9 元,再减小为 2007 年的 1.854×10^9 元;滨海旅游业的生态系统服务价值由 1987 年的 2.056×10^9 元下降为 1997 年的 1.925×10^9 元,增加为 2002 年的 2.073×10^9 元,再减小为 2007 年的 2.038×10^9 元。以 1987 年为基准年,1992 年、1997 年、2002 年和 2007 年厦门市渔业敏感性指数分别为 0.377、0.692、0.815、0.211,呈现增加—减小的变化;港口航运业敏感性指数分别为 1.169、0.474、0.251、1.578,呈现减小—增加的变化;滨海旅游业敏感性指数分别为 0.814、0.743、0.091、0.101,呈现减小—增加的变化。在研究结果基础上,探讨了各个产业部门的土地利用变化敏感性响应机制,并且提出未来研究的方向。

关键词:沿海城市; 产业部门; 敏感性; 土地利用变化; 生态系统服务价值; 厦门市

The sensitivity of Xiamen's three industrial sectors to land use changes

HUANG Jing^{1,2,3,4}, CUI Shenghui^{2,3,*}, LI Fangyi^{2,3,4}, LI Yang^{2,3,4}, MA Keming¹

1 State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

2 Key Laboratory of Urban Environment and Health, Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen 361021, China

3 Xiamen Key Laboratory of Urban Metabolism, Xiamen 361021, China

4 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

Abstract: Human survival and development in coastal cities rely on a range of ecosystem services provided by coastal ecosystem. With the rapid urbanization and the increased exploitation and development, coastal cities' ecosystems are under increasing pressure. Due to diverse natural and human pressure, many coastal cities are experiencing acute environmental problems, such as climate change, sea level rise, land use change, coastal erosion, pollution, degradation of dunes and saline intrusion to coastal aquifers and rivers. The coastal city's vulnerability to both human and natural influences is

基金项目:中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-450);国家自然科学基金项目(40701059)

收稿日期:2010-11-08; 修订日期:2011-05-10

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: sheui@ iue. ac. cn

particularly challenging. Over the last decade, backed by multidisciplinary collaborations in sustainability sciences, many scholars have become increasingly aware of coastal vulnerability to global changes at all relevant scales. The presence of a perturbation or stress, sensitivity of the affected entity and the system's capacity to cope or respond (resilience) are major elements in vulnerability analysis of a coupled human-environment system. Sensitivity in this sense is defined as the interaction within the system, between the systems or inside the complex system used to characterize the response level the system according to changes in its internal or external factors.

Land use change is the embodiment of the process of global urbanization. Land use changes of coastal city impact the supply, demand and space allocation of the regional ecosystem services, and further make influences on the social industrial sectors depending on these ecosystem services. Taking Xiamen city for example, this paper identified the main ecosystem services that three coastal industrial sectors — fishing sector, port and shipping sector, and coastal tourism sector depended on. Then the Sensitivity Index (SI) to land use changes of industrial sectors was constructed, which used the ratio of the variation of ecosystem service values to the variation of land use intensity to characterize industrial sector's sensitivity to land use changes. The results showed that the total ecosystem service values of fishing sector decreased from 1.526×10^9 Yuan in 1987 to 1.485×10^9 Yuan in 1992, and increased to 2.614×10^9 Yuan in 2002, then decreased to 1.113×10^9 Yuan in 2007. The total ecosystem service values of port and shipping sector went down from 2.138×10^9 Yuan in 1987 to 1.963×10^9 Yuan in 1992, then rose to 2.187×10^9 Yuan in 2002 and dropped to 1.854×10^9 Yuan in 2007. The total ecosystem service values of coastal tourism sector decreased from 2.056×10^9 Yuan in 1987 to 1.925×10^9 Yuan in 1997, then went up to 2.073×10^9 Yuan in 2002 and dropped slightly to 2.038×10^9 Yuan in 2007. Compared with the result of 1987, the SI of fishing sector in year 1992, 1997, 2002, 2007 were 0.377, 2.692, 7.815, 3.211 respectively, which showed an increase—drop trend. The SI of port and shipping sector in year 1992, 1997, 2002 and 2007 were 1.169, 0.474, 0.251, 1.578 respectively, which represented a drop—increase trend. The SI of coastal tourism sector in year 1992, 1997, 2002 and 2007 were 0.814, 0.743, 0.091, 0.101 respectively, which demonstrated a drop—increase trend. Based on the results, a discussion about the response mechanism of the industrial sector's sensitivity to land use changes was conducted. The study also presented a theoretical instruction for future research.

Key Words: coastal city; industrial sector; sensitivity; land use changes; ecosystem service value; Xiamen City

人类社会已经进入城市化社会,全球一半以上的人口居住于城市,城市对于人类的生存和发展起着举足轻重的作用^[1]。当前城市化与全球环境变化背景叠加,全球范围的海岸带系统发生了巨大变化,沿海城市在全球变化下的脆弱性研究已经成为政府和科学界关注的一个重要问题^[2-3]。脆弱性是系统由于暴露于环境和社会变化带来的压力及扰动,并且缺乏适应能力而导致容易受到损害的一种状态^[4]。目前,脆弱性概念包含暴露、敏感性和适应能力(恢复力)等方面的观点已为许多研究接受和应用^[3,5-7],其中敏感性是指在系统内部、系统与系统之间、复合系统之间相互作用的关系网中,表征某个系统由于其内部或外部因素变化而产生响应的程度^[8]。

欧洲“高级陆地生态系统的分析与建模项目 (Advanced Terrestrial Ecosystem Analysis and Modelling, ATEAM)”,定义敏感性为人类—环境系统受到环境变化的正面和负面影响的程度。该研究通过利益相关者识别出与农业、林业、碳储存和能源、水、生物多样性和自然保育等部门相关的一系列生态系统服务,在不同的全球变化研究背景下(如气候变化、土地利用变化、氮沉降等),利用生态系统服务模型评价人类—环境系统敏感性,结合人类社会与自然系统的适应能力,绘制出未来2020年、2050年、2080年3个时期4种社会—环境变化情景下的脆弱性地图^[9]。由于农业数据容易获得且农业部门是对全球气候变化最为敏感的部门之一,许多学者根据统计数据研究了农业系统对气候变化的敏感性,Mendelsohn等^[10]、Sanghi等^[11]分别分析了美国和巴西的农业部门对气候变化的敏感性,为各自国家农业部门制定适应性政策提供了参考。基于经济与

环境方面的统计数据能够分析出社会经济系统对环境变化的敏感性,Dutton^[12]、Larsen^[13]分别利用多年的观测和统计数据计算了美国经济部门对天气的敏感性。Morenoa 等根据 Polksky 提出的 Vulnerability Scoping Diagram(VSD)模型^[14],将海岸带旅游业分为多个不同亚系统,将海岸带旅游部门对气候变化的脆弱性逐级细化,以“沙滩受飓风影响”亚系统为例,选择沙滩侵蚀率、风暴特征、抗风暴建筑、旅游者来源地和旅游者感知等参数表征敏感性^[15]。在我国的研究中,以矿业部门敏感性评价最具代表性,通过区域产业结构、就业结构以及资源枯竭强度等指标进行敏感性评价^[16-17]。但总体而言,目前尚缺乏全球变化背景下针对沿海城市产业部门敏感性的专门研究。

沿海快速城市化进程中,土地利用变化深刻影响了区域生态系统服务的供给、需求和空间配置,进而影响依赖于这些服务的社会系统产业部门,产业部门的土地利用变化敏感性可以通过该产业所依赖的生态系统服务在土地利用变化情景下的变化程度进行表征。在脆弱性研究框架下进行沿海城市产业部门的土地利用变化敏感性研究,辨识土地利用变化和人类福利之间的相互关系,明确土地利用变化可能对社会经济系统的影响,识别重点行业和问题,可为减少土地利用变化对人类福利的影响提供基础。

本文以厦门市为例,构建产业部门的土地利用变化敏感性指数,研究沿海城市3个主要产业——渔业、港口航运业、滨海旅游业的土地利用变化敏感性及变化过程,以期为城市土地利用规划及产业发展提供指导,为脆弱性综合研究和沿海城市可持续发展提供依据。

1 研究方法

1.1 研究区概况

厦门市位于东经 $117^{\circ}53'$ — $118^{\circ}27'$,北纬 $24^{\circ}25'$ — $24^{\circ}55'$,地处我国东南沿海——福建省东南部、九龙江入海处,陆地面积约 1565 km^2 ,海域面积约 390 km^2 (图1),岸线曲折,浅海滩涂广阔,海洋生物资源丰富,近海海域是多种经济鱼虾、蟹贝、藻类的生长繁殖、索饵、栖息的场所,拥有沙滩、浴场、海岛等重要旅游资源和深水岸线及航道资源。

厦门市现辖思明、湖里、集美、海沧、同安和翔安6个行政区,共有13个镇、24个街道、155个村委会和313个社区居委会。2009年户籍人口 1.77×10^6 人,常住人口 2.52×10^6 人,GDP总量为 1.74×10^{11} 元,按常住人口计算,人均GDP为 6.90×10^4 元,城市工业化水平较高,3个产业比例为 $1.2:47.3:51.6$ ^[18]。1980年厦门市设立经济特区以来,城市人口迅速增加,渔业、港口航运业、滨海旅游业等产业快速发展,当地生态环境发生巨大变化。

1.2 研究思路

可持续城市是具有保持和改善城市生态系统服务能力,并能够为其居民提供可持续福利的城市^[19]。土地利用变化影响了城市生态系统的结构和功能,影响为人类提供的生态系统服务,进而对依赖于这些服务的产业部门产生影响,沿海城市产业部门的土地利用变化敏感性源于对生态系统服务的依赖性。

1.2.1 产业部门依赖的生态系统服务识别

根据世界资源研究所提出的企业生态系统服务识别方法,判断原则为:如果一种生态系统服务是产业部门的一种原材料供应,或者这种服务促成、强化或影响了该产业部门业绩所需要的环境条件,不存在另一种相

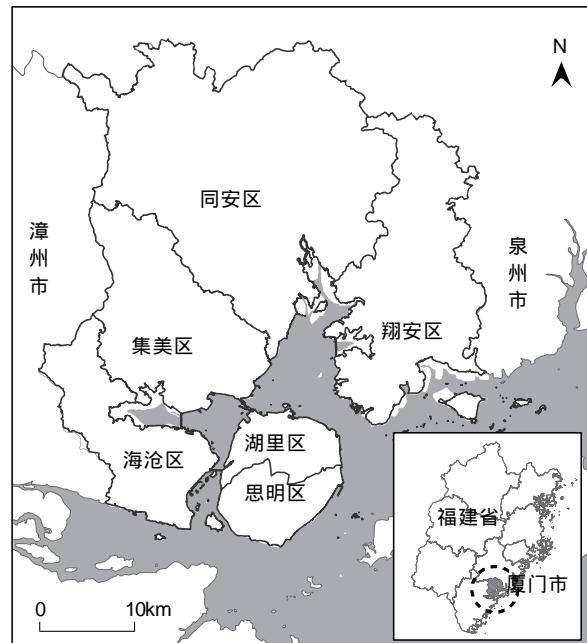


图1 厦门市区位图

Fig. 1 Location of Xiamen city

对成本较低的替代服务,则称此部门依赖于这种生态系统服务^[20],评价流程如图2所示。

1.2.2 生态系统服务评估方法

参考“千年生态系统评估(Millennium Ecosystem Assessment, MA)”对生态系统服务的分类^[21],根据研究需要,在供给服务中增加了空间资源供给服务,指沿海生态系统为人类生产生活提供活动空间的服务^[22]。基于数据可获得性和评价方法的成熟性,选择食物产品供给服务、非食物产品供给服务、空间资源供给服务、气候调节服务、空气质量调节服务、水调控服务、侵蚀控制服务、水净化和废物处理服务、自然灾害控制服务、消遣旅游服务等10种生态系统服务进行评估。支持服务是帮助维持其他服务的生态系统服务,不对支持服务进行研究^[20]。本文重点不在探讨如何建立新的评估方法,而是借鉴已有研究成果,进行生态系统服务价值评估:食物产品供给服务、非食物产品供给服务采用市场价值

法,空间资源供给服务采用成果参照法,气候调节服务采用成本避免法,空气质量调节服务、水调控服务、侵蚀控制服务采用重置成本法,水净化和废物处理服务采用重置成本法、或然价值法,自然灾害控制服务采用成果参照法,消遣旅游服务采用旅行费用法、或然价值法^[22-24]。

1.2.3 沿海城市土地利用综合强度指数

由于沿海土地的多种适宜性及优越的区位,厦门市土地利用具有类型多样、方式集中和空间分异显著等特征^[23]。厦门市近岸海域、滩涂面积约占全市面积的五分之一,沿海地区的人类活动已不局限于陆地,对近岸海域的利用不断增加,海域利用类型多样,国务院对厦门市的定位为港口及风景旅游城市,海洋为厦门市的港口和风景旅游提供了重要的资源。已有研究指出海岸带人类活动对海域的利用主要集中表现在海岸线上^[25-26],为突显沿海城市海域/岸线利用在城市土地利用综合强度中的重要性,沿海城市土地利用综合强度指数,应能表征沿海城市土地利用强度和岸线利用强度^[27]:

$$LU = \frac{1}{2}(L + S) \quad (1)$$

式中,LU代表研究区土地利用综合强度指数,L代表研究区土地利用强度指数,S代表研究区岸线利用强度指数。

土地利用强度指数计算公式:

$$L = \sum_{i=1}^n (G_i \times C_i) \times 100\% \quad (2)$$

式中,L代表研究区土地利用强度指数, G_i 代表第*i*种陆域土地利用类型的强度等级值, C_i 代表第*i*种陆域土地利用类型占研究区陆域总面积的比例,n代表研究区陆域土地利用类型的数量。土地利用类型根据其自然状态被人为干扰的程度进行分级,等级越高代表受到人为干扰的程度越高,未利用地为1级,林地、淡水水域为2级,农业用地为3级,建设用地为4级^[28]。

岸线利用强度指数反映人类活动对海岸线利用程度:

$$S = \sum_{i=1}^n (H_i \times K_i) \times 100\% \quad (3)$$

式中,S代表研究区岸线利用强度指数, H_i 代表第*i*种岸线利用类型的强度等级值, K_i 代表第*i*种岸线利

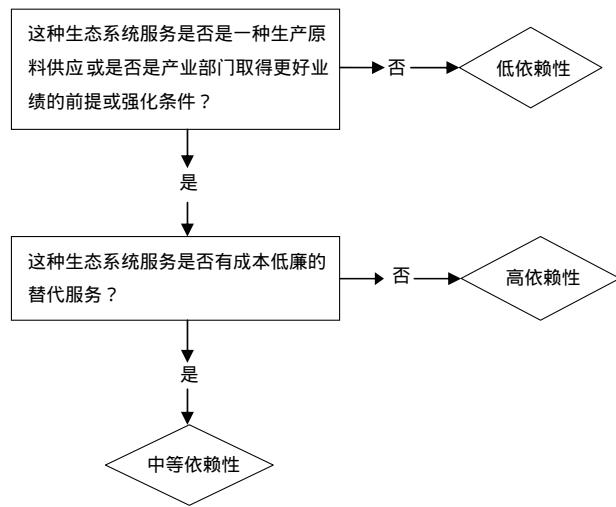


图2 产业部门依赖的生态系统服务识别流程^[20]

Fig. 2 Identification process of the main ecosystem services that the industrial sector depends on^[20]

用类型占总岸线长度的比例, n 代表研究区岸线利用类型的数量。参照土地利用类型分级, 对岸线利用类型进行分级, 等级越高代表受到人为干扰的程度越高, 泥质岸线、基岩岸线、河口岸线为 1 级, 沙滩岸线、防护岸线、滨海旅游岸线为 2 级, 渔业养殖岸线、盐田用海岸线为 3 级, 交通岸线、城乡建设岸线为 4 级^[27]。

1.2.4 产业部门的土地利用变化敏感性指数

产业部门的土地利用变化敏感性指数, 由生态系统服务价值变化率的比值与土地利用综合强度变化率进行表征:

$$I = \left| \frac{\Delta ES}{\Delta LU} \right| = \left| \frac{(ES_j - ES_0)/ES_0}{(LU_j - LU_0)/LU_0} \right| \quad (4)$$

式中, I 代表产业部门的土地利用变化敏感性指数, ΔES 代表产业部门的生态系统服务价值变化率, ΔLU 代表土地利用综合强度变化率, ES_j 代表第 j 年产业部门生态系统服务价值, ES_0 代表研究基准年产业部门生态系统服务价值, LU_j 代表第 j 年土地利用综合强度, LU_0 代表研究基准年土地利用综合强度。

1.3 数据来源

厦门市土地利用资料来源于 1987、1992、1997、2002 和 2007 年的 Landsat-TM 影像(分辨率 30 m), 应用遥感和 GIS 技术提取各时期的海岸带土地利用的数字化信息。另外, 收集厦门市地形图、植被分布图、行政区划图等帮助图像解译。土地利用类型包括建设用地、农业用地、林地、淡水水域、未利用地、近岸海域和滩涂; 岸线利用类型分为人工岸线和自然岸线, 自然岸线包括泥质岸线、基岩岸线、沙滩岸线、河口岸线, 人工岸线包括渔业养殖岸线、盐田用海岸线、滨海旅游岸线、交通岸线、城乡建设岸线和防护岸线。

根据厦门市资源优势和区位优势, 选择 3 个主要沿海产业——渔业、港口航运业、滨海旅游业进行敏感性研究, 社会经济数据主要来源于《厦门经济特区年鉴》^[18](1987—2010)、《厦门水利志》^[29]。

2 研究结果

2.1 厦门市 3 个产业依赖的主要生态系统服务

通过专家咨询法, 按照图 2 所示流程, 识别出厦门市渔业、港口航运业、滨海旅游业依赖的生态系统服务(表 1)。

2.2 厦门市 3 个产业的土地利用变化敏感性研究

2.2.1 厦门市 3 个产业的生态系统服务价值评估

对厦门市渔业、港口航运业、滨海旅游业的生态系统服务价值评估分别选择高依赖性、中等依赖性的生态系统服务进行计算^[20](表 2)。渔业生态系统服务价值由 1987 年的 1.526×10^9 元, 减小为 1992 年的 1.485×10^9 元, 增加到 2002 年的 2.614×10^9 元, 而后下降到 2007 年的 1.113×10^9 元。港口航运业生态系统服务价值呈现波动变化: 由 1987 年 2.138×10^9 元下降到 1992 年的 1.963×10^9 元, 而后增加到 2002 年的 2.187×10^9 元, 再减小到 2007 年的 1.854×10^9 元。滨海旅游业生态系统服务价值由 1987 年的 2.056×10^9 元下降到 1997 年的 1.925×10^9 元, 而后增加到 2002 年的 2.073×10^9 元, 再减小为 2007 年的 2.038×10^9 元。

表 1 厦门市渔业、港口航运业、滨海旅游业依赖的主要生态系统服务识别表

Table 1 Identification of the main ecosystem services that Xiamen's fishing sector, port and shipping sector and coastal tourism sector depend on

| 项目 Item | 渔业 Fishing sector | 港口航运业 Port and shipping sector | 滨海旅游业 Coastal tourism sector |
|------------|----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 食物产品供给 | ● | — | — |
| 非食物产品供给 | — | — | — |
| 空间资源供给 | — | ● | — |
| 气候调节 | ○ | — | ○ |
| 空气质量调节 | — | — | ○ |
| 水调控 | ○ | ○ | ○ |
| 侵蚀控制 | ○ | ○ | ○ |
| 水净化和废物处理 | ○ | — | ○ |
| 自然灾害控制 | ○ | ○ | ○ |
| 消遣旅游 | — | — | ● |

●: 高依赖性 High dependence, ○: 中等依赖性 Moderate dependence, -: 低依赖性 Low dependence

食物产品供给 Food provisioning; 非食物产品供给 Non-food provisioning; 空间资源供给 Space resource provisioning; 气候调节 Climate regulation; 空气质量调节 Air quality regulation; 水调控 Water regulation; 侵蚀控制 Erosion regulation; 水净化和废物处理 Water purification and waste treatment; 自然灾害控制 Natural hazard regulation; 消遣旅游 Recreation and tourism

表2 1987—2007年厦门市渔业、港口航运业、滨海旅游业的生态系统服务价值($\times 10^4$ 元)

Table 2 Ecosystem service values of Xiamen's fishing sector, port and shipping sector, and coastal tourism sector from Year 1987 to 2007

| 产业部门 Sector | 生态系统服务 Ecosystem services | 年份 Year | | | |
|--------------------------------------|------------------------------|---------|--------|--------|--------|
| | | 1987 | 1992 | 1997 | 2002 |
| 渔业 Fishing sector | 食物产品供给 | 24154 | 26935 | 73230 | 148009 |
| | 气候调节 | 48016 | 44398 | 40957 | 40257 |
| | 水调控 | 42250 | 37056 | 37525 | 39298 |
| | 侵蚀控制 | 27503 | 25952 | 22342 | 19817 |
| | 水净化和废物处理 | 9484 | 13042 | 12571 | 12891 |
| | 自然灾害控制 | 1162 | 1166 | 1174 | 1167 |
| | 总计 Total | 152569 | 148549 | 187800 | 261439 |
| 港口航运业 Port and shipping sector | 空间资源供给 | 142911 | 132158 | 144096 | 158444 |
| | 水调控 | 42250 | 37056 | 37525 | 39298 |
| | 侵蚀控制 | 27503 | 25952 | 22342 | 19817 |
| | 自然灾害控制 | 1162 | 1166 | 1174 | 1167 |
| | 总计 Total | 213825 | 196332 | 205138 | 218726 |
| 滨海旅游业 Coastal tourism sector | 消遣旅游 | 25606 | 28041 | 31544 | 42509 |
| | 气候调节 | 48016 | 44398 | 40957 | 40257 |
| | 空气质量调节 | 51566 | 44223 | 46374 | 51366 |
| | 水调控 | 42250 | 37056 | 37525 | 39298 |
| | 侵蚀控制 | 27503 | 25952 | 22342 | 19817 |
| | 水净化和废物处理 | 9484 | 13042 | 12571 | 12891 |
| | 自然灾害控制 | 1162 | 1166 | 1174 | 1167 |
| 总计 Total | | 205587 | 193877 | 192488 | 207304 |
| | | | | | 203832 |

2.2.2 土地利用综合强度变化

1987—2007年,厦门市土地利用综合强度、土地利用强度、岸线利用强度计算结果如表3所示。在厦门城市化发展进程中,土地利用综合强度呈现先增加而后降低的趋势;1987—1992年,土地利用综合强度增加,岸线利用强度比土地利用强度增加得快,主要因为养殖、盐田岸线的大幅度增加及防护岸线的大量减少;1992—2002年,土地利用综合强度持续增加,主要影响因素为农业用地转化为建设用地;2002—2007年,城市建成区扩张、围海造地导致土地利用强度持续增加,同期养殖、盐田岸线下降,防护岸线增加,岸线利用强度下降,岸线利用强度下降幅度大于土地利用强度增加幅度,土地利用综合强度有所降低^[27]。

表3 1987—2007年厦门市土地利用综合强度、土地利用强度、岸线利用强度

Table 3 Integrated intensity of land use, intensity of land use, and intensity of shoreline use of Xiamen from Year 1987 to 2007

| 年份 Year | 1987 | 1992 | 1997 | 2002 | 2007 |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|
| 土地利用强度 Intensity of land use | 2.574 | 2.613 | 2.637 | 2.656 | 2.660 |
| 岸线利用强度 Intensity of shoreline use | 2.486 | 2.801 | 2.857 | 2.866 | 2.825 |
| 土地利用综合强度 Integrated intensity of land use | 2.530 | 2.707 | 2.747 | 2.761 | 2.743 |

2.2.3 厦门市3个产业的土地利用变化敏感性指数

以1987年为基准年,按照公式4,计算出1987—2007年厦门市3个产业的土地利用变化敏感性指数,如图3所示。1992年、1997年、2002年和2007年厦门市渔业敏感性指数分别为0.377、2.692、7.815、3.211,呈现增加-减小的变化;港口航运业敏感性指数分别为1.169、0.474、0.251、1.578,呈现减小-增加的变化;滨海旅游业敏感性指数分别为0.814、0.743、0.091、0.101,呈现减小-增加的变化。

已有研究多从社会经济系统角度,用社会经济指标表征产业部门敏感性^[16-17],本文亦收集1987—2007年厦门市渔业、港口航运业、滨海旅游业产值^[18,22],进行对比研究。以1987年为基准年,计算出产业部门产值变化率,如图4所示,渔业产值变化率呈现1997—2002年增加、2002—2007年大幅下降的变化过程,港口航运业、滨海旅游业产值变化率均呈现1997—2007年不断上升的变化过程。

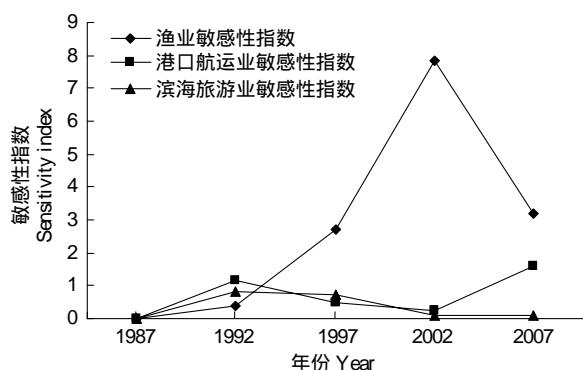


图3 1987—2007年厦门市渔业、港口航运业、滨海旅游业的土地利用变化敏感性指数变化

Fig. 3 SI changes of Xiamen's fishing sector, port and shipping sector, and coastal tourism sector to land use changes from Year 1987 to 2007

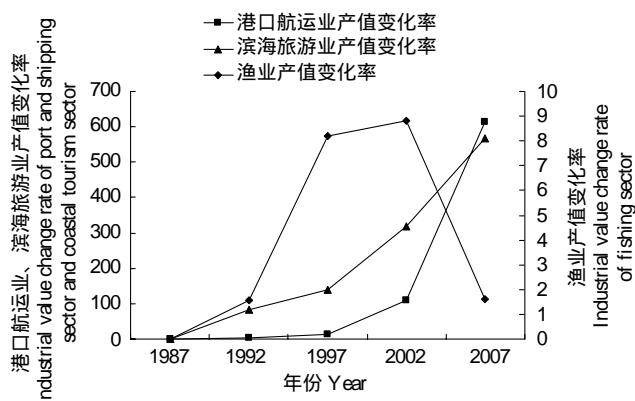


图4 1987—2007年厦门市渔业、港口航运业、滨海旅游业的产值变化率

Fig. 4 Industrial value change rates of Xiamen's fishing sector, port and shipping sector, and coastal tourism sector from Year 1987 to 2007

3 讨论与结论

计算结果表明,相同土地利用变化情景下,渔业敏感性变化幅度最大,土地利用变化对渔业的影响最为显著。渔业高度依赖于湿地食物供给服务,1987—2007年20 a间食物供给服务价值占渔业生态系统服务价值的平均比例最高(30.67%),单位土地利用综合强度的食物供给服务价值变化率影响渔业敏感性的总体演变方向。由遥感解译可得,1987—2002年渔业养殖面积不断增加,沿海养殖岸线长度由1987年101.647 km增加为2002年151.253 km,渔业依赖的食物供给服务价值由1987年的 1.526×10^9 元增加为2002年的 2.614×10^9 元;2002年起,随着厦门市开展海岸带综合管理对西海域、环东海域养殖进行清退整治,海域养殖面积受政策等人为因素影响大幅减小,沿海养殖岸线长度减小为2007年的120.384 km,食物供给服务价值下降为2007年的 1.113×10^9 元。

港口航运业高度依赖于空间资源供给服务,1987—2007年20 a间空间资源供给服务价值占港口航运业生态系统服务价值的平均比例最高(70.73%),单位土地利用综合强度的空间资源供给服务价值变化率决定港口航运业敏感性的总体变化方向。随着城市建成区扩张及围填海活动(填海造地/围垦养殖)加剧,近海海域、滩涂面积发生改变,利用Arcgis的Tabulate Area操作功能,获得1987—1992年、1992—1997年、1997—2002年、2002—2007年的土地利用类型转移矩阵,填海造地造成建设用地蚕食近岸海域及滩涂的面积分别为10.628、2.425、6.279、17.870 km²,围垦养殖造成近岸农业用地转变为近岸海域及滩涂的面积分别为7.388、16.807、9.795、3.677 km²,近岸海域面积发生减小—增加—减小的波动变化,从而导致空间资源供给服务的波动变化。

滨海旅游业高度依赖于生态系统消遣旅游服务,但旅游业的土地利用变化敏感性影响机制较为复杂,1987—2007年20 a间滨海旅游业的消遣旅游服务、气候调节服务、空气质量调节服务、水调控服务占生态系统服务价值的平均比例分别为19.42%、20.02%、24.35%、19.15%。一方面,滨海旅游业消遣旅游服务价值呈现逐年上升趋势,主要因为土地利用变化导致城市基础设施的完善及对环境保护的重视,影响并且促进城市发展推动旅游业的崛起;另一方面,气候调节服务呈现逐年减小的变化,空气质量调节和水调控服务呈现减小-增加-减小的变化,主要因为评估这些调节服务价值的参数如净初级生产力(Net Primary Productivity, NPP)、单位面积调节水资源量等是根据相关研究或经验得到的固定值,评价涉及的一些工业处理成本是固定的,因此这些服务价值的变化主要取决于对应的农田、森林、湿地等生态系统面积变化。以气候调节服务为例,生态系统服务价值受不同生态系统的共同影响,农田生态系统具有固碳作用,1987—2007年,农业用地面积呈现下降过程,导致农田生态系统气候调节服务价值不断降低;森林生态系统

是全球碳循环的重要组成部分,1987—2007年,厦门市林地面积经历了先减少后增加的过程,气候调节服务价值因而先减小再升高;湿地的固碳作用体现为浮游植物提供的初级生产和养殖海水藻类的固碳作用,1987—2007年,湿地气候调节服务价值随近岸海域和滩涂面积变化而发生相应的减小—增大—减小的变化过程。

虽然渔业敏感性与渔业产值变化率呈现出相同的变化趋势,但是港口航运业敏感性呈现“U”型变化趋势,滨海旅游业敏感性呈现下降后稍微增加的变化过程,与港口航运业、滨海旅游业产值变化率逐年增加的变化过程并不一致,说明以生态学为基础的产业部门敏感性结果与变化过程与以产值研究为代表的传统经济学评价结果有所区别:传统经济学评价产业部门发展状况主要考虑经济指标,比如产值、GDP、财政、经济增长率、就业率等指标,关注产业投入产出比及其对居民物质福利的影响^[30];生态敏感性关注人类从生态系统获得的收益,强调生态系统服务对人类社会和行业发展的重要性,两者的立足点有所不同。由于生态系统非实物型的生态功能价值不能通过商业市场反映出来,导致人类在对土地开发利用过程中,往往只注重自然资源的直接消费价值和市场价值,忽略生态系统的生态功能及其价值,从而影响了人们对生态系统保护的自觉性^[31]。因此,近年来,许多学者提出考虑产业经济发展的同时也要考虑自然生态成本,应用绿色GDP^[32-33]等指标综合考量社会经济和自然生态应成为评价产业发展的新方法。

沿海城市产业部门敏感性的驱动因素不仅包括土地利用变化,还包括其他环境变化如气候变化、近岸海域富营养化、海平面上升、渔业资源衰退、生物多样性减少、海岸侵蚀等,不同环境变化情景下的产业部门敏感性有所不同。此外,各个驱动因素非单独作用,而是在多个尺度和时间范围内相互作用,不同产业部门在不同的暴露作用下具有不同的敏感性和敏感机制,需要更深入地研究,以识别环境变化下的重点行业和问题。

由于评价方法和数据可获得性的限制,对产业部门敏感性的测算仅是一种初步的估算。本文通过专家评价法,识别出的与产业部门最密切相关、最依赖的生态系统服务,进行敏感性评价,未来研究还应重点完善生态系统服务价值评估方法,加强对所涉及参数的动态实验和监测,进一步提高研究结果的科学性和准确性。

本研究通过识别厦门市3个产业部门依赖的生态系统服务,构建产业部门的土地利用变化敏感性指数,研究结果表明:以1987年为基准年,1987—2007年20a间渔业敏感性呈现增加—减小的变化过程,港口航运业敏感性和滨海旅游业敏感性呈现减小—增加的变化。通过对比分析,不同产业部门的土地利用变化敏感性与产业产值变化率的趋势并不完全一致。下一步研究可以考虑根据区域生态系统服务的分布和价值状况及可开发利用程度,综合权衡生态环境和社会经济多方面的效益,研究城市产业结构的发展方向,考虑多种因素变化对敏感性的综合作用,以更加准确、客观地评价产业部门在环境变化下的敏感性,为适应能力评价和脆弱性综合评价提供依据,促进沿海城市可持续发展。

致谢:颜昌宙、邱全毅、石龙宇老师对本文写作给予帮助,特此致谢。

References:

- [1] Zhao J Z, Dai D B, Lin T, Tang L N. Rapid urbanisation, ecological effects and sustainable city construction in Xiamen. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2010, 17(4): 271-272.
- [2] Fan D D, Li C X. Complexities of Chinese coast in response to climate change. *Advances in Climate Change Research*, 2005, 1(3): 111-114.
- [3] IPCC. *Climate Change 2001: Impact, Adaptation and Vulnerability*. Geneva: Intergovernmental panel on Climate Change/Organization for Economic Cooperation and Development, 2001.
- [4] Adger W N. Vulnerability. *Global Environmental Change*, 2006, 16(3): 268-281.
- [5] Fussel H M. Vulnerability: a generally applicable conceptual framework for climate change research. *Global Environmental Change*, 2007, 17(2): 155-167.
- [6] Klein R J T, Nicholls R J. Assessment of coastal vulnerability to climate change. *Ambio*, 1999, 28(2): 182-187.
- [7] Turner B L II, Kasperson R E, Matson P A, McCarthy J J, Corell R W, Christensen L, Eckley N, Kasperson J X, Luers A, Martello M L, Polsky C, Pulsipher A, Schiller A. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2003, 100(14): 8074-8079.
- [8] Cui S H, Li F Y, Huang J, Yu Y X. Review of sensitivity research on the context of global change. *Advances in Earth Science*, 2009, 24(9): 1033-1041.
- [9] Schröter D, Acosta-Michlik L, Arnell A W, Araújo M B, Badeck F, Bakker M, Bondeau A, Bugmann H, Carter T, de la Vega-Leinert A C, Erhard M, Espíneira G Z, Ewert F, Friedlingstein P, Fritsch U, Glendining M, Gracia C A, Hickler T, House J, Hulme M, Klein R J T,

- Krukenberg B, Lavorel S, Leemans R, Lindner M, Liski J, Metzger M J, Meyer J, Mitchell T, Mohren F, Morales P, Moreno J M, Reginster I, Reidsma P, Rounsevell M, Pluimers J, Prentice I C, Pussinen A, Sanchez A, Sabate S, Sitch S, Smith B, Smith J, Smith P, Sykes M Y, Thonicke K, Thuiller W, Tuck G, van der Werf G, Vayreda J, Wattenbach M, Wilson D W, Woodward F I, Zaehle S, Zierl B, Zudin S, Cramer W. ATEAM final report. Potsdam Institute for Climate Impact Research (PIK). Potsdam, 2004. [2010-09-02]. <http://www.pik-potsdam.de/ateam/>.
- [10] Mendelsohn R, Dinar A, Sanghi A. The effect of development on the climate sensitivity of agriculture. *Environment and Development Economics*, 2001, 6(1): 85-101.
- [11] Sanghi A, Mendelsohn R. The impacts of global warming on farmers in Brazil and India. *Global Environmental Change*, 2008, 18(4): 655-665.
- [12] Dutton J A. Opportunities and priorities in a new era for weather and climate services. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2002, 83(9): 1303-1311.
- [13] Larsen P H. An Evaluation of the Sensitivity of US Economic Sectors to Weather. Ithaca (NY): Cornell University, 2006.
- [14] Polsky C, Neff R, Yarnal B. Building comparable global change vulnerability assessments: the vulnerability scoping diagram. *Global Environmental Change*, 2007, 17(3/4): 472-485.
- [15] Moreno A, Becken S. A climate change vulnerability assessment methodology for coastal tourism. *Journal of Sustainable Tourism*, 2009, 17(4): 473-488.
- [16] Su F, Zhang P Y, Li H. Vulnerability assessment of coal-mining cities' economic systems in China. *Geographical Research*, 2008, 27(4): 907-916.
- [17] Li H, Zhang P Y. Economic system vulnerability of mining cities in Northeast China. *Journal of China Coal Society*, 2008, 33(1): 116-120.
- [18] Editorial Board of Yearbook of Xiamen Special Economic Zone. *Yearbook of Xiamen Special Economic Zone (1988—2010)*. Beijing: China Statistics Press, 1988-2010.
- [19] Zhao J Z, Cui S H, Yan C Z, Guo Q H. Theoretical thinking of sustainable city construction of China. *Chinese Journal of Environment Science*, 2009, 30(4): 1244-1248.
- [20] Hanson C, Finisdror J, Ranganathan J. The corporate ecosystem services review: guidelines for identifying business risks & opportunities arising from ecosystem change. [2010-08-12]. <http://www.wri.org/publication/corporate-ecosystem-services-review>.
- [21] Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Washington DC: Island Press, 2005.
- [22] Peng B R, Hong H S. *Evaluation of Coastal Ecosystem Services Theory and Application*. Beijing: Ocean Press, 2006.
- [23] Shi L Y, Cui S H, Yin K, Liu J. The impact of land use/cover change on ecosystem service in Xiamen. *Acta Geographica Sinica*, 2010, 65(6): 708-714.
- [24] Ledoux L, Turener R K. Valuing ocean and coastal resources: a review of practical examples and issues for further action. *Ocean & Coastal Management*, 2002, 45(9): 583-616.
- [25] Halsey S D, Abel R B. *Coastal Ocean Space Utilization*. New York: Taylor & Francis, 1990.
- [26] Croce N D, Connell S, Abel R B. *Coastal Ocean Space Utilization*. 3rd edition. London: Taylor & Francis, 1995.
- [27] Huang J, Cui S H, Qiu Q Y, Shi L Y, Ma K M. Estimates of exposure of a coastal city to spatial use changes — a case study in Xiamen. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 2010, 17(4): 292-298.
- [28] Zhuang D F, Liu J Y. Study on the mode of regional differentiation of land use degree in China. *Journal of Natural Resource*, 1997, 12(2): 106-111.
- [29] Xiamen Water Conservancy Bureau. *Xiamen Chronicles of Water Conservancy*. Beijing: Chronicle Press, 2007.
- [30] Su F, Zhang P Y. Vulnerability assessment of petroleum city's economic system based on set pair analysis: a case study of Daqing City. *Acta Geographica Sinica*, 2010, 65(4): 454-464.
- [31] Ma Y J, Huang X J, Xu M M, Zhong T Y, Du W X. Sensitivity analysis of ecosystem service value to coastal tide land development in Jiangsu province. *China Land Science*, 2006, 20(4): 28-34.
- [32] Fan A Q, Liu S J. Accounting indicators of Green GDP of marine industry in Yangtze River Estuary. *Environmental Protection Science*, 2010, 36(5): 48-50, 68.
- [33] Zhao L L. Green-GDP and sustainable development of marine resources in China. *Chinese Fisheries Economics*, 2009, 27(1): 21-24.

参考文献:

- [2] 范代读, 李从先. 中国沿海响应气候变化的复杂性. *气候变化研究*, 2005, 1(3): 111-114.
- [8] 崔胜辉, 李方一, 黄静, 于裕贤. 全球变化背景下的敏感性研究综述. *地球科学进展*, 2009, 24(9): 1033-1041.
- [16] 苏飞, 张平宇. 中国煤矿城市经济系统脆弱性评价. *地理研究*, 2008, 27(4): 907-916.
- [17] 李鹤, 张平宇. 东北地区矿业城市经济系统脆弱性分析. *煤炭学报*, 2008, 33(1): 116-120.
- [18] 厦门市统计局. *厦门经济特区年鉴 (1988—2010)*. 北京:中国统计出版社, 1988-2010.
- [19] 赵景柱, 崔胜辉, 颜昌宙, 郭青海. 中国可持续城市建设的理论思考. *环境科学*, 2009, 30(4): 1244-1248.
- [22] 彭本荣, 洪华生. 海岸带生态系统服务价值评估理论与应用研究. 北京: 海洋出版社, 2006.
- [23] 石龙宇, 崔胜辉, 尹锴, 刘江. 厦门市土地利用/覆盖变化对生态系统服务的影响. *地理学报*, 2010, 65(6): 708-714.
- [28] 庄大方, 刘纪远. 中国土地利用程度的区域分异模型研究. *自然资源学报*, 1997, 12(2): 106-111.
- [29] 厦门市水利局. *厦门水利志*. 北京: 方志出版社, 2007.
- [30] 苏飞, 张平宇. 基于集对分析的大庆市经济系统脆弱性评价. *地理学报*, 2010, 65(4): 454-464.
- [31] 马育军, 黄贤金, 许妙苗, 钟太洋, 杜文星. 江苏省沿海滩涂开发的生态系统服务价值响应研究. *中国土地科学*, 2006, 20(4): 28-34.
- [32] 范爱琪, 刘书俊. 长江口海洋产业绿色 GDP 核算指标的研究. *环境保护科学*, 2010, 36(5): 48-50, 68.
- [33] 赵丽丽. 绿色 GDP 与我国海洋资源可持续开发. *中国渔业经济*, 2009, 27(1): 21-24.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.31 ,No.14 July,2011(Semimonthly)
CONTENTS

| | |
|--|---|
| The sensitivity of Xiamen's three industrial sectors to land use changes | HUANG Jing, CUI Shenghui, LI Fangyi, et al (3863) |
| Desertification and change of landscape pattern in the Source Region of Yellow River | HU Guangyin, DONG Zhibao, LU Junfeng, et al (3872) |
| Comparison of ecological significance of landscape diversity changes in karst mountains; a case study of 4 typical karst area in Guizhou Province | LUO Guangjie, LI Yangbing, WANG Shijie, et al (3882) |
| Analysis on urban heat island effect based on the dynamics of urban surface biophysical descriptors | XU Hanqiu (3890) |
| Primary exploration on the ecological land use classification in Beijing | TANG Xiumei, CHEN Baiping, LU Qingbin, et al (3902) |
| Changes of spectral reflectance of <i>Pinus koraiensis</i> and <i>Abies nephrolepis</i> along altitudinal gradients in Changbai Mountain | FAN Xiuhua, LIU Weiguo, LU Wenmin, et al (3910) |
| Biomass allocation patterns and allometric models of <i>Abies nephrolepis</i> Maxim | WANG Jinsong, ZHANG Chunyu, FAN Xiuhua, et al (3918) |
| Niche analysis of dominant species of macrobenthic community at a tidal flat of Yushan Island | JIAO Haifeng, SHI Huixiong, YOU Zhongjie, et al (3928) |
| The influence of different food qualities on the energy budget and digestive tract morphology of Tree Sparrows <i>passer montanus</i> | YANG Zhihong, SHAO Shuli (3937) |
| The response of ecosystem service values to ambient environment and its spatial scales in typical karst areas of northwest Guangxi, China | ZHANG Mingyang, WANG Kelin, LIU Huiyu, et al (3947) |
| Root morphology characteristics under alternate furrow irrigation | LI Caixia, SUN Jingsheng, ZHOU Xinguo, et al (3956) |
| Allelopathy of the root exudates from different resistant eggplants to verticillium wilt (<i>Verticillium dahliae</i> Kleb.) | ZHOU Baoli, CHEN Zhixia, DU Liang, et al (3964) |
| Biological cycle and accumulation of lanthanum in the forage-mushroom-soil system | WENG Boqi, JIANG Zhaowei, WANG Yixiang, et al (3973) |
| Evaluation of soil loss and transportation load of adsorption N and P in Poyang Lake watershed | YU Jinxiang, ZHENG Bofu, LIU Yafei, et al (3980) |
| Effects of soil resource availabilities on vertical distribution and dynamics of fine roots in a <i>Caragana korshinskii</i> plantation | SHI Jianwei, WANG Mengben, CHEN Jianwen, et al (3990) |
| Effects of soil salinization on ammonia volatilization characteristics of urea and urea phosphate | LIANG Fei, TIAN Changyan (3999) |
| Distribution of marine bacteria and their environmental factors in Xiangshan Bay | YANG Jifang, WANG Haili, CHEN Fusheng, et al (4007) |
| Concentration of O ₃ at the atmospheric surface affects the changes characters of antioxidant enzyme activities in <i>Triticum aestivum</i> | WU Fangfang, ZHENG Youfei, WU Rongjun, et al (4019) |
| Effects of inhibitor and safener on enzyme activity and phenanthrene metabolism in root of tall fescue | GONG Shuaishuai, HAN Jin, GAO Yanzheng, et al (4027) |
| Screening of highly-effective rhizobial strains on Alfalfa (<i>Medicago polymorpha</i>) in soil | LIU Xiaoyun, GUO Zhenguo, LI Qiaoxian, et al (4034) |
| Geochemical evolution processes of soil major elements in the forest-dominated Jinshui River Basin, the upper Hanjiang River | HE Wenming, ZHOU Jie, ZHANG Changsheng, et al (4042) |
| Integrating geographic features and weather data for methodology of rasterizing spring maize growth stages | LIU Qin, YAN Changrong, MEI Xurong, et al (4056) |
| A model for predicting flowering date and external quality of cut tulip in solar greenhouse | LI Gang, CHEN Yaru, DAI Jianfeng, et al (4062) |
| Moisture effect analysis of pumpkin and oil sunflower intercropping in semi-arid area of northwest Hebei Province | HUANG Wei, ZHANG Junhua, LI Wenhong, et al (4072) |
| Review and Monograph | |
| Theoretical backgrounds and recent advances in avian molecular phylogeography | DONG Lu, ZHANG Yanyun (4082) |
| A review on spatial attributes of nature reserves and optimal site-selection methods | WANG Yicheng (4094) |
| Human activities are the principle cause of biotic homogenization | CHEN Guoqi, QIANG Sheng (4107) |
| Factors influencing the occurrence of <i>Ophiocordyceps sinensis</i> | ZHANG Guren, YU Junfeng, WU Guangguo, et al (4117) |
| Molecular detection of diversity of methanogens and methanotrophs in natural wetland soil | SHE Chenxing, TONG Chuan (4126) |
| Scientific Note | |
| Soil quality assessment of continuous cropping cotton fields for different years in a typical oasis in the upper reaches of the Tarim River | GONG Lu, ZHANG Haifeng, LÜ Guanghui, et al (4136) |
| Dynamics of microbial biomass during litter decomposition in the alpine forest | ZHOU Xiaoqing, WU Fuzhong, YANG Wanqin, et al (4144) |
| The aerodynamic roughness length of biologicalsoil crusts;a case study of Gurbantunggut Desert | WANG Xueqin, ZHANG Yuanming, ZHANG Weimin, et al (4153) |
| Differences among population quantities and community structures of pests and their natural enemies in tea gardens of different altitudes | KE Shengbing, DANG Fenghua, BI Shoudong, et al (4161) |

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

| 排序 Order | 期刊 Journal | 总被引频次 Total citation | 排序 Order | 期刊 Journal | 影响因子 Impact factor |
|-------------|---|-------------------------|-------------|---------------|-----------------------|
| 1 | 生态学报 | 11764 | 1 | 生态学报 | 1.812 |
| 2 | 应用生态学报 | 9430 | 2 | 植物生态学报 | 1.771 |
| 3 | 植物生态学报 | 4384 | 3 | 应用生态学报 | 1.733 |
| 4 | 西北植物学报 | 4177 | 4 | 生物多样性 | 1.553 |
| 5 | 生态学杂志 | 4048 | 5 | 生态学杂志 | 1.396 |
| 6 | 植物生理学通讯 | 3362 | 6 | 西北植物学报 | 0.986 |
| 7 | JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY | 3327 | 7 | 兽类学报 | 0.894 |
| 8 | MOLECULAR PLANT | 1788 | 8 | CELL RESEARCH | 0.873 |
| 9 | 水生生物学报 | 1773 | 9 | 植物学报 | 0.841 |
| 10 | 遗传学报 | 1667 | 10 | 植物研究 | 0.809 |

*《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次, 全国排名第 1; 影响因子 1.812, 全国排名第 14; 第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊; 中国精品科技期刊

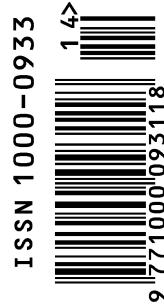
编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生态学报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 14 期 (2011 年 7 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 14 2011

| | | |
|---------------|---|---|
| 编 辑 | 《生态学报》编辑部 地址: 北京海淀区双清路 18 号 邮政编码: 100085 电话: (010) 62941099 www. ecologica. cn shengtaixuebao@ rcees. ac. cn | Edited by Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010) 62941099 www. ecologica. cn Shengtaixuebao@ rcees. ac. cn |
| 主 编 | 冯宗炜 | Editor-in-chief FENG Zong-Wei |
| 主 管 | 中国科学技术协会 | Supervised by China Association for Science and Technology |
| 主 办 | 中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址: 北京海淀区双清路 18 号 邮政编码: 100085 | Sponsored by Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China |
| 出 版 | 科学出版社 地址: 北京东黄城根北街 16 号 邮政编码: 100717 | Published by Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China |
| 印 刷 | 北京北林印刷厂 | Printed by Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China |
| 发 行 | 科学出版社 地址: 东黄城根北街 16 号 邮政编码: 100717 电话: (010) 64034563 E-mail: journal@ cspg. net | Distributed by Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010) 64034563 E-mail: journal@ cspg. net |
| 订 购 | 全国各地邮局 | Domestic All Local Post Offices in China |
| 国外发行 | 中国国际图书贸易总公司 地址: 北京 399 信箱 邮政编码: 100044 | Foreign China International Book Trading Corporation Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China |
| 广告经营 许 可 证 | 京海工商广字第 8013 号 | |



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元