

浙江省慈溪市附海镇生态用地研究

吕 渊, 蒋文伟, 过萍艳

(浙江农林大学 风景园林与建筑学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 在浙江省附海镇生态用地现状调查的基础上, 应用生态敏感性评价方法和景观生态安全理论, 选取土地利用现状、区域开发强度和距环境敏感区距离等生态敏感性因子, 结合景观格局指数, 综合评价了附海镇生态敏感性程度及其空间分布状况。结果表明: 生态高度敏感区、中度敏感区、低度敏感区和非敏感区分别占研究区面积的 7.16%, 27.29%, 30.46%和 35.09%, 并以此规划出研究区生态安全的核心保护区、控制发展区和适宜发展区 3 种生态用地类型, 进而提出了不同生态用地类型的管理措施, 为附海镇生态用地提供规划依据和建设策略。图 3 表 5 参 23

关键词: 景观生态学; 生态用地; 生态敏感性评价; 景观生态安全; 附海镇

中图分类号: S731.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0756(2014)02-0196-08

Ecological land use in Fuhai Town, Cixi City

LÜ Yuan, JIANG Wenwei, GUO Pingyan

(School of Landscape Architecture, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: On the basis of the survey on ecological land use status in Fuhai Town, Cixi City, Zhejiang Province and applying the ecological sensitivity assessment method and landscape ecological security theory, the ecological sensitivity factors including land use status, regional exploitation intensity and distance from the environmental sensitive area in combination of landscape pattern index were used to evaluate the ecological sensitive degree and its spatial distribution situation of Fuhai Town. The results showed that the ecological land use at high, medium, low sensitivity levels occupied 7.16 per cent, 27.29 per cent and 30.46 per cent of the total area respectively and the remained 35.09 per cent was not ecologically sensitive. According to the data above, this paper classified three types of ecological land such as core protection zone, limited development zone and suitable development zone from ecological security aspect and also proposed management measures for different ecological land types to provide planning basis and construction strategy for ecological land use in Fuhai town. [Ch, 3 fig. 5 tab. 23 ref.]

Key words: landscape ecology; land for ecological use; ecological sensitivity assessment; landscape ecological security; Fuhai Town

生态用地研究是景观生态学重要的研究内容, 其理论方法强调土地利用的合理性, 目的在于阐明土地生态评价单元与其土地利用方式之间的协调程度和发展趋势^[1]。综合考虑景观生态和环境要素的生态用地研究是目前城市规划、土地利用规划以及环境影响评价等研究的热点及难点问题^[2-3]。景观生态安全格局是判别和建立生态基础设施的重要途径, 并以景观生态学理论和方法为基础, 从生态过程与格局的功能关系研究出发, 判别对这些生态过程的健康与安全有着关键意义的景观格局^[4]。多年来, 景观格局研究都是停留在景观格局特征的描述方面^[5-6], 由于未能深入反映生态过程研究而受到质疑。因此,

收稿日期: 2012-12-28; 修回日期: 2013-03-11

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30972342)

作者简介: 吕渊, 从事风景园林规划与设计研究。E-mail: 279416884@qq.com。通信作者: 蒋文伟, 副教授, 博士, 从事城市生态学与景观生态学研究。E-mail: wenweijiang@zafu.edu.cn

应用生态敏感性评价方法与景观生态安全理论相结合的途径，必将在未来成为研究区域生态用地格局的发展趋势。本研究以浙江省慈溪市附海镇为研究对象，应用生态敏感性评价方法和景观生态安全理论，借助地理信息空间分析技术，在研究各类生态用地合理配置及区域生态可持续发展的基础上，提出了基于生态用地评价的规划和建设目标，并试图为相关研究提供研究思路和方法。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

附海镇位于慈溪市东南部，中心位于 30°07'N, 121°03'E，南与观海卫镇、桥头镇接壤，西与新浦镇交界，北枕杭州湾，距离慈溪市中心 15 km，总面积约为 22 km²。南北约为 11 km，东西在中部宽约 6 km，整个区域地势平坦，呈长条状，系海洋沉积平原。母质为海积物，由长江口涌入的海泽泥沙和钱塘江下冲泥沙在潮汐动力作用下堆积而成，南部地势略高于北部。附海镇属亚热带南缘季风气候区，全年以东南风为主。气温受暖气团交替控制和杭州湾海水调节，气候温和湿润，平均气温为 17.9 ℃。辖区自然条件独具特色，栽有大量的花卉植物，素有“花卉之乡”美誉。随着慈溪市交通干道中横线和杭州湾跨海大桥南岸连接线的开通，附海镇现已融入宁波“半小时”经济圈和上海“两小时”经济圈。

1.2 研究方法

1.2.1 数据来源与预处理 本研究以附海镇 2009 年高空间分辨率航空影像(1 : 5 000)为主要数据源，结合土地利用现状图、城市绿地系统规划总图及相关部门的现状调查资料作为空间信息提取的基本信息源。首先利用 ENVI 4.3 图像处理软件对图像进行几何校正，转换成 Xian_1980 坐标体系，并对图像进行拼接裁剪处理，获得研究区的影像图^[7]。利用 ArcGIS 9.2 进行人工目视解译，结合实地调查对研究区土地利用类型分布进行矢量化，并将矢量文件通过空间分析模块(conversion tools)转换成大小为 5 m × 5 m 的栅格数据，最后利用 ArcGIS 9.2 软件的数据管理功能，将属性数据与图层数据相结合进行管理。

1.2.2 景观格局指数分析 景观格局指数是景观空间分析的重要方法，使生态过程与空间格局相互关联的度量成为可能，在景观格局分析与功能评价、景观规划、设计与管理等领域都具有重要作用^[8-10]。景观分类是景观格局定量分析的基础，目前，有关城镇景观类型分类尚存在着不同的分类体系。本研究的景观分类，主要参照 GB 50137-2011《城市用地分类与规划建设用地标准》，结合附海镇的用地特点，将研究区分为建设用地、交通用地、农田、城镇绿地、滩涂湿地、水域 6 种类型(表 1)，以此 6 种类型作为城镇景观类型的基本单元，研究城镇景观生态安全和可持续发展的生态功能^[11-13]。将处理过的航片栅格图导入 Fragstats 3.3 软件中进行景观指数计算。根据本研究区域的特点，选择的景观格局指数有斑块数(NP)，斑块类型面积(CA)，斑块面积比例(PLAND)，斑块密度(PD)，边缘密度(ED)，最大斑块指数(LPI)，斑块形状指数(LSI)，平均斑块面积(AREA_MN)，面积加权平均形状指数(SHAPE_AM)，面积加权平均分维数(FRAC_AM)，景观聚集度指数(AI)等^[14-18]指标对研究区整体景观格局进行初步分析。

表 1 附海镇景观类型分类

Table 1 Landscape types of Fuhai Town

序号	景观类型	特征
1	建设用地	主要是城镇建设用地，包括居住用地、工业用地、仓储用地、广场用地和一些未利用的裸露地面等
2	交通用地	主要是高速公路和一、二级公路等
3	农田	主要是耕地、农田等
4	城镇绿地	主要是公园绿地、附属绿地、生产绿地、防护绿地等
5	湿地及滩涂	主要是滩涂、湿地
6	水域	主要是江、河等水系

1.2.3 生态敏感性评价 生态敏感性指生态系统对人类活动干扰和自然环境变化的反应程度，可表征区域生态环境遇到干扰时产生生态环境问题的难易程度和可能性大小^[19-20]。在生态敏感程度较高的区域，当受到人类不合理活动影响时，更易产生生态环境问题，应划分区域生态环境保护重点。生态敏感性评价中的指标选取是生态用地评价的核心^[20]，指标体系的选取应反映研究区域最主要的生态问题。通过调查与研究区域生态环境现状、主要生态问题，咨询相关专家以及参考已有类似研究指标权重体系的基础

上^[21-22],本研究选取对研究区生态敏感性影响较大的生态因素,即土地利用类型、距环境敏感区距离和区域开发强度3大类进行生态敏感性分析(表2)。

①土地利用类型评价因子。不同生态系统类型对区域生态环境的影响程度不同,其生态敏感性也有所差异。土地利用类型是不同生态系统的最直接表征^[23]。因此,本研究选择土地利用类型作为生态敏感性评价因子之一,结合航片高清影像解译数据及区域土地利用特征,将附海镇土地利用类型划分为建设用地、交通用地、农田、城镇绿地、滩涂湿地、水域6类,依据不同土地利用类型对生态敏感性的影响大小进行分类并赋值。

②区域开发强度评价因子。人类的区域开发活动对当地生态敏感性影响程度较大。工业区、居民点等建设用地,以及道路、交通等建设用地程度,是区域开发强度的主要表现。在空间距离上,越是靠近区域开发强度高的地区,则生态敏感度越低。因此,本研究将距建设用地的距离、距交通用地的距离作为生态敏感性评价因子。划分距建设用地的距离大于200 m为高度敏感区,大于100 m小于200 m为中度敏感区,大于50 m小于100 m为低度敏感区,小于50 m为非敏感区;划分距交通用地距离大于300 m为高度敏感区,大于100 m小于300 m为中度敏感区,大于50 m小于100 m为低度敏感区、小于50 m为非敏感区。

③环境敏感区评价因子。环境敏感性指生态系统对人类活动反应的敏感程度,用来反映产生生态失衡与生态环境问题的可能性大小。根据附海镇生态环境特征,其环境敏感区包括主要水域、湿地和滩涂等,上述环境敏感区对附海镇生态环境保护具有重要意义。划分距环境敏感区的距离小于100 m为高度敏感区;大于100 m小于200 m为中度敏感区;大于200 m小于300 m为低度敏感区,大于300 m为非敏感区。

④综合评价。通过ArcGIS 9.2软件的空间分析(spatial analysis)功能,进行生态敏感性各因子评价以及加权综合评价(表2)。各评价因子赋值、敏感性分级和权重分配反映了各评价因子内部以及总体权重的相对趋势。根据各个评价因子权重及敏感性分级,计算附海镇生态敏感性综合评价值,并将生态敏感区分为高度敏感区、中度敏感区、低度敏感区和非敏感区4种等级。

表2 生态敏感性评价因子等级及权重

Table 2 Grades and weights of ecological sensibility factors

评价因子	亚项	生态敏感性	重分类	分值	权重/%
土地利用类型		高度敏感	水域	10	40
			滩涂、湿地	8	
		中度敏感	农田	6	
			城镇绿地	4	
		低度敏感	交通用地	2	
		非敏感	建设用地	1	
距环境敏感区距离		高度敏感	<100 m	10	20
		中度敏感	100~200 m	6	
		低度敏感	200~300 m	3	
		非敏感	>300 m	1	
区域开发强度	距道路距离	高度敏感	>300 m	10	20
		中度敏感	100~300 m	6	
		低度敏感	50~100 m	3	
		非敏感	<50 m	1	
	距建筑距离	高度敏感	>200 m	10	20
		中度敏感	100~200 m	6	
		低度敏感	50~100 m	3	
		非敏感	<50 m	1	

2 结果与分析

2.1 景观格局指数分析

2.1.1 城镇景观斑块组成结构 从附海镇景观要素斑块组成可以看出(图1,表3),城镇绿地的斑块

面积最大，达到 767.31 hm²，面积所占比例也最高为 35.27%；其次是建设用地和农田，两类斑块面积都处于中等水平，面积分别为 591.29 hm² 和 497.83 hm²，占总面积的 27.18% 和 22.88%；交通用地和滩涂湿地面积较小，分别为 128.75 hm² 和 103.17 hm²，占总面积的 5.92% 和 4.74%；斑块总面积最小的为水域，仅为 87.37 hm²，占总面积的 4.02%。从附海镇景观格局分类图(图 1)可以看出：附海镇建设用地类型主要分布在中部成片的居住区以及南部工业园区；农田类型主要分布在镇北部、西南以及东南区域；由于苗木产业发达，城镇绿地类型所占比率最大，其生产绿地基本上为大型斑块，连接成片，所占比率最高，主要分布在附海镇北部和东南部的苗木栽植区。景观类型斑块数和平均斑块面积，在一定意义上可揭示城镇景观破碎化程度。从附海镇景观类型斑块组成上来看，滩涂湿地类型的斑块数量最小，是以 2 个特大型斑块形式存在，平均斑块面积最大，受到人为活动的干扰最小，斑块破碎化程度最低；交通用地与水域类型的斑块数量最多，分别为 495 个和 506 个，其平均斑块面积最小，斑块破碎化程度最大；其原因在于附海镇形成了较好的公路交通网，城镇主要道路连通性及完整性较好。同时，乡镇村庄众多，村级道路网络复杂多样，破碎化程度较高；另外，乡镇区域三塘横江、四塘横江、蛟门浦、八塘横江等水系通道显著，河流水系分支较多，并大量被交通道路景观要素分割，城镇景观总体呈现出“树枝”状形态，破碎化程度很高。

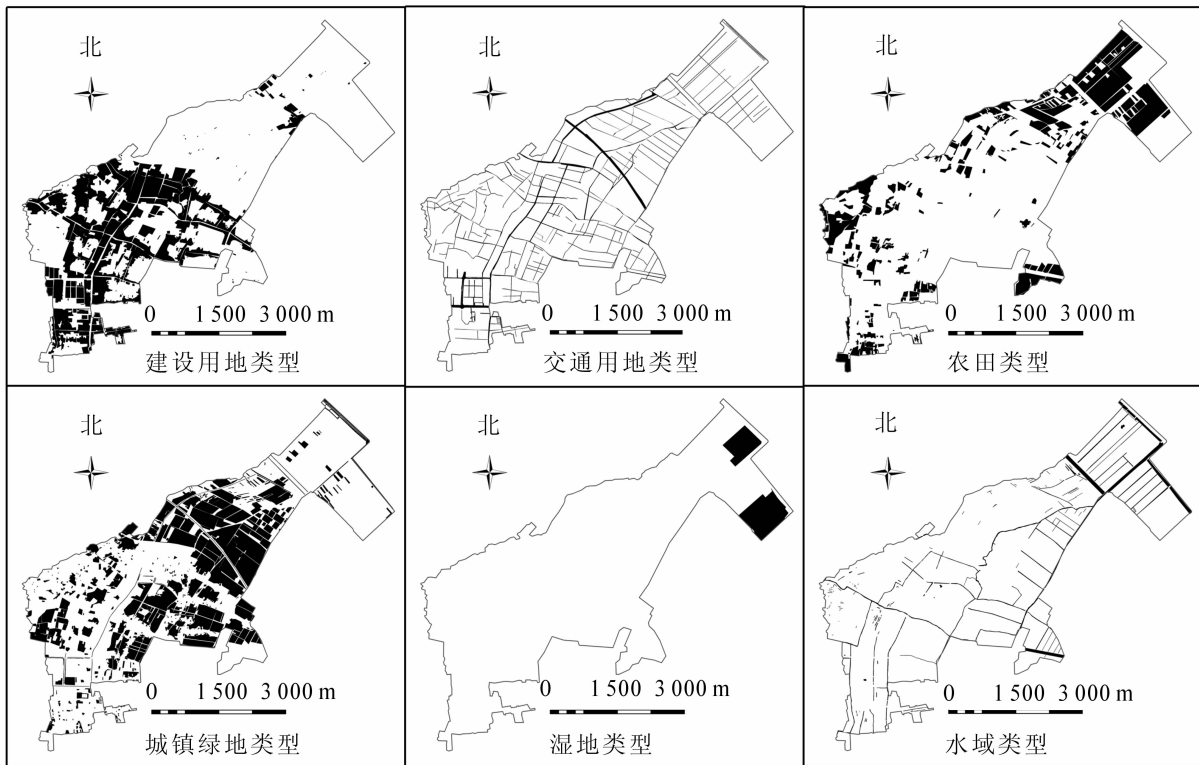


图 1 附海镇景观格局分类

Figure 1 Landscape pattern classification of Fuhai Town

2.1.2 城镇景观类型尺度分析 景观类型的斑块密度可揭示某一区域景观被该类型斑块分割的程度，其对境域生物物种保护、物质和能量分布具有重要影响。各个景观组分的斑块密度(PD)则直接地反映了斑块组分的破碎化程度，而斑块形状指数(LSI)则反映斑块聚合和离散程度。从表 4 可见：斑块密度指数(PD)排序为水域>交通用地>城镇绿地>建设用地>农田>滩涂及湿地；斑块形状指数的排序为交通用地>水域>城镇绿地>建设用地>农田>滩涂及湿地。上述结果表明：交通用地和水域破碎化最为严重，景观类型复杂，尤其是南部水域支流更为明显；湿地及滩涂类型斑块的形状较规则，斑块成片集中分布在镇域北部，完整性较好。因此，其斑块密度和斑块形状指数都最小。同样从面积加权平均形状指数(SHAPE_AM)和面积加权平均分维数(FRAC_AM)的数值上可见：交通用地和水域均为较高的数值，而农田及生态涵养用地景观类型的面积加权形状指数和面积加权平均分维数都比较低。从景观聚集度指

表3 附海镇不同景观类型的斑块组成

Table 3 Patch structure of different landscape types in Fuhai Town

斑块类型	斑块数/个	面积/hm ²	占总数/%	平均斑块面积/hm ²	最大斑块指数
建设用地	292	591.29	27.18	2.03	3.34
交通用地	495	128.75	5.92	0.26	3.60
农田	218	497.83	22.88	2.28	2.22
城镇绿地	460	767.31	35.27	1.67	2.63
湿地及滩涂	2	103.17	4.74	51.59	2.98
水域	506	87.37	4.02	0.17	0.49
合计	1 973	2 175.72	100		

数上则也反映出, 滩涂及湿地类型具有最高的景观聚集度指数(AI), 其次是城镇绿地和农田, 最小的是交通用地。同样也表明湿地及滩涂景观破碎化较低, 而交通用地类型破碎化最为严重, 受人为活动的影响最大。

表4 附海镇景观类型特征

Table 4 Characteristics of landscape types in Fuhai Town

斑块类型	斑块密度(PD)	边缘密度(ED)	斑块形状指数(LSI)	面积加权平均形状指数(SHAPE_AM)	面积加权平均分维数(FRAC_AM)	景观聚集度指数(AI)
建设用地	13.42	93.15	28.80	4.28	1.22	94.27
交通用地	22.75	105.67	72.04	28.42	1.51	68.55
农田	10.02	63.95	24.87	3.09	1.17	94.64
城镇绿地	21.14	92.40	28.88	2.65	1.15	94.95
湿地及滩涂	0.09	1.80	2.11	1.50	1.06	99.45
水域	23.26	57.73	49.22	4.47	1.30	74.06

2.2 生态敏感性评价

2.2.1 单因子评价 在附海镇生态敏感性评价的4个因子中, 土地利用类型因子最为敏感, 其高度敏感区和中度敏感区面积比例分别为8.68%和57.24%, 其次为环境敏感区因子, 其高度敏感区和中度敏感区面积比例分别为64.75%和24.53%(图2)。在土地利用类型评价因子中, 其结果显示高度敏感区主要分布在七塘公路以北沿海滩涂湿地、三塘横江和八塘横江一带; 中度敏感区主要分布在镇域北部苗圃地和农耕地; 低度敏感区和非敏感区主要集中于镇域南部以及中部的建成区、村落和工业片区。附海镇北部为沿海滩涂区, 其良好的自然环境和丰富的食物生境已成为鸟类迁徙必经的中转站。同时, 它在维护生态平衡、降解污染、调节气候及控制土壤侵蚀等方面均起到重要作用, 是镇域环境敏感区的重要组成部分。环境敏感区影响因子分析结果表明: 该因子高度敏感区主要分布在七塘公路以北沿海滩涂湿地, 以及八塘横江、三塘横江、蛟门浦、四塘横江等主干水系区域。区域开发强度因子的生态敏感度分析表明: 距建筑的距离, 以及距主要交通道路的距离越大, 则该因子的生态敏感度越高, 其结果显示出低度敏感区主要集中在观附公路、高速连接线、中横线、韩家路、郑家浦路、建附公路等镇域主要交通道路以及镇域中南部的居住、工业建筑片区。

2.2.2 综合评价 根据上述各评价因子权重及敏感性分级, 综合加权得到附海镇生态敏感性综合评价值为1.2~10.0, 采用自然裂段法(natural breaks)将生态敏感区分为4类, 即高度敏感区、中度敏感区、低度敏感区和非敏感区(表5)。由图3综合分析得出: 附海镇生态高度敏感区、中度敏感区、低度敏感区和非敏感区面积分别为155.78, 593.75, 662.73和763.46 hm², 分别占总面积的7.16%, 27.29%, 30.46%和35.09%。生态高度敏感区主要分布于北部沿海滩涂湿地, 以及三塘横江、八塘横江、蛟门浦等河流水系等区域。该区域生态最为敏感, 应加强湿地水体的保护, 禁止在该区域内开发建设用地, 巩固和保护好现有的生态屏障。中度敏感区主要分布于镇域北部经济林种植片区、农耕地, 以及区域中部、南部居民点附近零星的农耕地片区, 该区域处于湿地水体与道路建筑之间, 具有一定的植被资源,

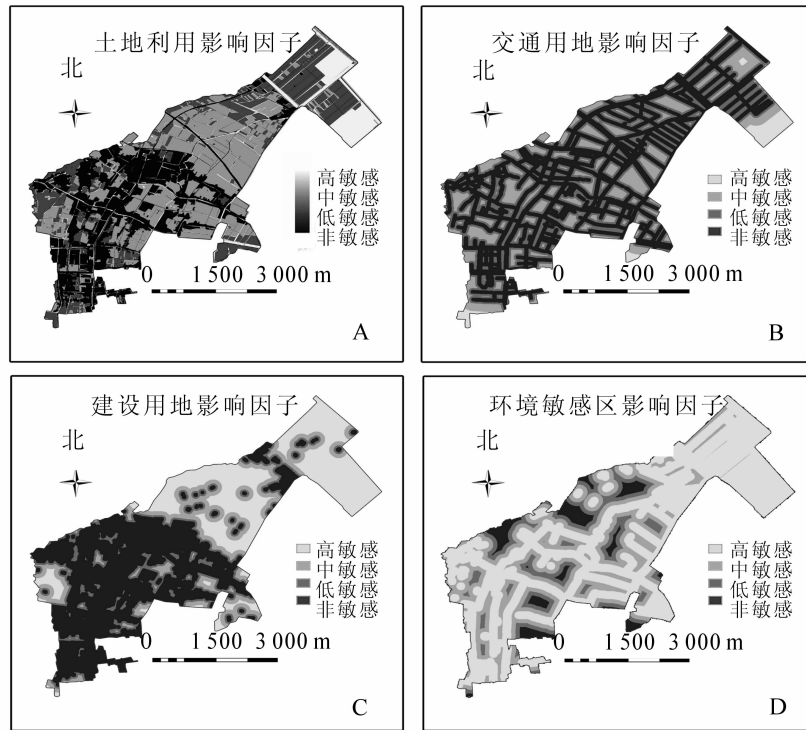


图 2 生态敏感性单因子评价结果

Figure 2 Results of single factor ecological sensitivity assessment in Fuhai Town

表 5 生态敏感性综合评价结果

Table 5 Results of ecological sensitivity comprehensive assessment

生态敏感性类别	面积/hm ²	百分比/%	利用类型	利用类型面积 /hm ²	利用类型百分比/%
高度敏感区	155.78	7.16	核心保护区	155.78	7.16
中度敏感区	593.75	27.29	控制发展区	593.75	27.29
一般敏感区	662.73	30.46	适宜发展区	1 426.19	65.55
非敏感区	763.46	35.09			

属于生态环境保护较好的区域。由于受周边人类区域开发活动强度的影响，其生态敏感性综合评价为中度，但考虑区域的生态安全，中度敏感区的开发建设活动应严格控制其规模和强度。低度敏感区主要分布于中部建成区以及南部工业建筑区域，该类区域受人类活动影响较大，其生态敏感度综合评价较低，该区域的建设用地布局和规模，应该加强控制保护好周围生态资源，减弱对周边生态环境安全的影响。非敏感区主要集中于西部居民村落片区，以及中部居住、工业建筑片区。该片区距湿地水域等环境敏感区较远，并且受到人类区域开发活动影响最大，因而生态敏感性最低。附海镇区生态敏感度大体呈现从水体、滩涂湿地到居住、工业建设用地逐步降低的趋势。

3 结论与讨论

本研究利用生态敏感性评价方法与景观生态安全理论相结合的分析途径，研究浙江省慈溪市附海镇生态敏感性程度及其空间分布状况。结果

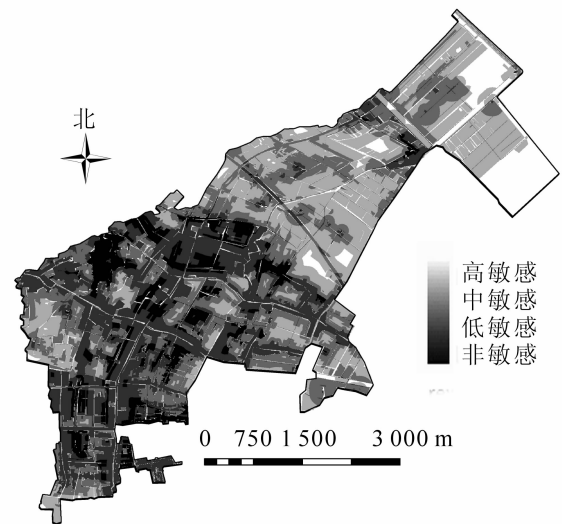


图 3 生态敏感性综合评价结果

Figure 3 Results of ecological sensitivity comprehensive assessment

表明:从景观生态安全格局评判可以发现,道路景观的破碎化程度最高,受人为影响严重。滩涂湿地景观破碎化程度较低,没有受到大量的人为干扰影响。从生态敏感性评价可知,生态敏感性综合评价结果与生态环境现状基本一致,反映本研究筛选的生态敏感性评价指标较为合理,其评价结果也具有客观性。生态高度敏感区最集中于北部沿海滩涂湿地等区域,与景观安全格局分析中破碎化程度越低,受到人为影响越小,生态敏感度越高的结果相符合。基于2种分析方法的融合研究,较以往单一研究方法所分析的结果更具有科学性。同时,还具有一定的客观性和可操作性等特点,将为乡镇区域建设规划方案调整与优化提供科学依据。通过上述研究,以此划分出促进本地区景观生态安全的核心保护区、控制发展区、适宜发展区3类区域利用类型,并提出相应的管护措施。

本研究选择建设用地、交通用地和环境敏感区影响因子等指标,研究开发活动对乡镇区域生态环境的影响程度,并结合土地利用类型影响因子,试图深入探讨镇域土地资源合理利用时所表征的生态用地特征,可为同类型区域开发及生态评价提供借鉴和参考。当然,也应该根据不同地区的特点,选用适宜的评判方法,并结合时间动态变化,综合分析城镇生态用地的发展趋势。

参考文献:

- [1] 邬建国. 景观生态学: 格局、过程、尺度与等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [2] CARSJENS G J, van LAMMEREN R J A, LIGTENBERG A. STEEP: strategic tool to integrate environmental aspects into planning procedures[G]//GEERTMAN S, STILLWELL J. *Planning Support Systems in Practice*. Heidelberg: Springer-Verlag, 2002: 139 - 154.
- [3] 过萍艳, 蒋文伟, 吕渊. 浙江省慈溪市宗汉街道城镇绿地生态网络构建[J]. 浙江农林大学学报, 2014, **31**(1): 64 - 71.
GUO Pingyan, JIANG Wenwei, LÜ Yuan. Construction of town green land ecological networks of Zonghan Sub-district in CiXi City[J]. *J Zhejiang A & F Univ*, 2014, **31**(1): 64 - 71.
- [4] 俞孔坚. 生物保护的景观生态安全格局[J]. 生态学报, 1999, **19**(1): 8 - 15.
YU Kongjian. Landscape ecological security patterns in biological conservation [J]. *Acta Ecol Sin*, 1999, **19**(1): 8 - 15.
- [5] 陈利顶, 刘洋, 吕一河, 等. 景观生态学中的格局分析: 现状、困境与未来 [J]. 生态学报, 2008, **28**(11): 5521 - 5531.
CHEN Lingding, LIU Yang, LÜ Yihe, *et al.* Landscape pattern analysis in landscape ecology: current, challenges and future [J]. *Acta Ecol Sin*, 2008, **28**(11): 5521 - 5531.
- [6] 刘宇, 吕一河, 傅伯杰. 景观格局-土壤侵蚀研究中景观指数的意义解释及局限性 [J]. 生态学报, 2011, **31**(1): 267 - 275.
LIU Yu, LÜ Yihe, FU Bojie. Implication and limitation of landscape metrics in delineating relationship [J]. *Acta Ecol Sin*, 2011, **31**(1): 267 - 275.
- [7] 蒋文伟, 郭慧慧, 梅艳霞. 宁波鄞州新城城市土地利用的空间趋向性[J]. 应用生态学报, 2012, **23**(3): 701 - 709.
JIANG Wenwei, GUO Huihui, MEI Yanxia, *et al.* Study on spatial tendency of urban land use in Ningbo Yinzhou New City Zone [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2012, **23**(3): 701 - 709.
- [8] 赵军. 平原河网地区景观格局变化与多尺度环境响应研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2008.
ZHAO Ju. Landscape Pattern Change and Its *Environmental Response Across Mmultiple Spatial Scales in Tidalplain* [D]. Shanghai: East China Normal University, 2008.
- [9] 陈文波, 肖笃宁, 李秀珍. 景观空间分析的特征和主要内容[J]. 生态学报, 2002, **22**(7): 1135 - 1142.
CHEN Wenbo, XIAO Duning, LI Xiuzhen. The characteristics and contents of landscape spatial analysis [J]. *Acta Ecol Sin*, 2002, **22**(7): 1135 - 1142.
- [10] 彭建, 王仰麟, 张源. 土地利用分类对景观格局指数的影响[J]. 地理学报, 2006, **61**(2): 157 - 167.
PENG Jian, WANG Yangling, ZHANG Yuan. Research on the influence of land use classification on landscape metrics [J]. *Acta Geogr Sin*, 2006, **61**(2): 157 - 167.
- [11] 杨英宝, 江南, 苏伟忠. 南京城市景观空间格局的变化分析[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2004, **28**

(6): 39 – 42.

YANG Yingbao, JIANG Na, SU Weizhong. Spatial pattern of urban landscape of Nanjing [J]. *J Nanjing For Univ Nat Sci Ed*, 2004, **28**(6): 39 – 42.

- [12] 吴泽民, 吴文友, 高健, 等. 合肥市城市森林景观格局分析[J]. 应用生态学报, 2003, **14**(12): 2117 – 2122.
- WU Zemin, WU Wenyong, GAO Jian, *et al.* Analysis of urban forest landscape pattern in Hefei [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2003, **14**(12): 2117 – 2122.
- [13] 曾辉, 江子瀛. 深圳市龙华地区快速城市化过程中的景观结构研究: 城市建设用地结构及异质性特征分析[J]. 应用生态学报, 2000, **11**(4): 567 – 572.
- ZENG Hui, JIANG Ziyong. Landscape structure of Longhua area in Shenzhen City during fast urbanization process: structure and heterogeneity analysis of urban construction area [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2000, **11**(4): 567 – 572 .
- [14] 李秀珍, 布仁仓, 常禹, 等. 景观格局指标对不同景观格局的反应[J]. 生态学报, 2004, **24**(1): 123 – 134.
- LI Xiuzhen, BU Rencang, CHANG Yu, *et al.* The response of landscape metrics against pattern scenarios [J]. *Acta Ecol Sin*, 2004, **24**(1): 123 – 134.
- [15] 禹莎, 陈宝禄, 王祥荣. 杭州市西北部生态带景观格局[J]. 复旦学报: 自然科学版, 2010, **49**(3): 355 – 361.
- YU Sha, CHEN Baolu, WANG Xiangrong. Research of the landscape pattern on north-west urban eco-belt in Hangzhou [J]. *J Fudan Univ Nat Sci*, 2010, **49**(3): 355 – 361.
- [16] 华昇, 谢更新, 石林, 等. 基于GIS的市域景观格局定量分析与优化[J]. 生态环境, 2008, **17**(4): 1554 – 1559.
- HUA Sheng, XIE Gengxin, SHI Lin, *et al.* Quantitative analysis and optimization of the landscape patterns based on GIS and FRAGSTATS in urban areas: a case in Changsha [J]. *Ecol Environ*, 2008, **17**(4): 1554 – 1559.
- [17] 孔繁花, 尹海伟. 城市绿地功能的研究现状、问题及发展方向[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2010, **34**(2): 119 – 124.
- KONG Fanhua, YIN Haiwei. Urban green space functions: present, problems and future [J]. *J Nanjing For Univ Nat Sci Ed*, 2010, **34**(2): 119 – 124.
- [18] 常青, 李双成, 李洪远, 等. 城市绿色空间研究进展与展望[J]. 应用生态学报, 2007, **18**(7): 1640 – 1646.
- CHANG Qing, LI Shuangcheng, LI Hongyuan, *et al.* Research progress on urban green space [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2007, **18**(7): 1640 – 1646.
- [19] 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.
- OUYANG Zhiyun, WANG Xiaoke, MIAO Hong. China's eco-environmental sensitivity and its spatial heterogeneity [J]. *Acta Ecol Sin*, 2000, **20**(1): 9 – 12.
- [20] 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.
- YAN Lei, XU Xuegong, XIE Zhenglei, *et al.* Integrated assessment on ecological sensitivity for Beijing [J]. *Acta Ecol Sin*, 2009, **29**(6): 3117 – 3125.
- [21] ROSSI P, PECCI A, AMADIO V, *et al.* Coupling indicators of ecological value and ecological sensitivity with indicators of demographic pressure in the demarcation of new areas to be protected: the case of the Oltrepo Pavese and the Ligurian Emilian Apennine area (Italy) [J]. *Landscape Urban Plann*, 2008, **85**: 12 – 26.
- [21] 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.
- YANG Yueyuan, WANG Jinliang, YANG Bingfeng. Eco-sensitivity assessment of land in Yunnan Province [J]. *Acta Ecol Sin*, 2008, **28**(5): 2253 – 2260.
- [22] 张磊, 刘利强, 胡海波. 基于区域开发的钦州市生态敏感性分析及防控对策[J]. 生态与农村环境学报, 2009, **25**(3): 16 – 20.
- ZHANG Lei, LIU Liqiang, HU Haibo. Eco-sensitivity and counter measures based on regional development: a case study of Qinzhou City [J]. *J Ecol Rural Environ*, 2009, **25**(3): 16 – 20.
- [23] 傅世锋, 张平, 蒋金龙. 基于开发区规划环评的土地资源承载力评价[J]. 应用生态学报, 2012, **23**(2): 459 – 467.
- FU Shifeng, ZHANG Ping, JIANG Jinlong. Evaluation of land resources carrying capacity of development zone based on planning environment impact assessment [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2012, **23**(2): 459 – 467.