

周林飞,徐浩田,芦晓峰. 基于“3S”技术和景观破碎化分析的凌河口湿地功能区划分[J]. 江苏农业科学,2016,44(8):519-522.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.08.149

基于“3S”技术和景观破碎化分析的 凌河口湿地功能区划分

周林飞¹, 徐浩田², 芦晓峰²

(1. 沈阳农业大学水利学院, 辽宁沈阳 110866; 2. 沈阳农业大学, 辽宁沈阳 110866)

摘要:凌河口湿地是辽河三角洲湿地的重要组成部分,是辽宁省自然保护区。以 5 年 TM 影像为数据源,对 8 种土地利用景观类型的总面积及斑块数量进行计算,并对选定的 4 个景观空间格局指数进行计算,以计算结果为依据定量分析了凌河口湿地的景观破碎化特征。结果表明:受人为活动影响,1995 年到 2005 年,景观破碎化程度加大;由于对湿地加强了保护,2005 年到 2014 年景观破碎度稍有降低。依据人与生物圈计划(Man and the Biosphere Programme, MAB)提出的保护区功能区划分原则,结合景观破碎化分析结果以及湿地内的实际情况首次对凌河口湿地功能区进行划分,结果表明:核心区总面积 320.51 km²,缓冲区总面积 270.53 km²,试验区总面积 267.68 km²。研究结果对保护凌河口湿地生态系统完整性和生物多样性具有重要意义,同时也为凌河口湿地资源的开发及利用提供了参考。

关键词:凌河口湿地;“3S”技术;景观破碎化;景观空间格局指数;功能区划分

中图分类号: P343 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)08-0519-04

景观破碎化是指由于自然或人文因素的干扰所导致的景观由简单趋向于复杂的过程,即景观由单一、均质和连续的整体趋向于复杂、异质和不连续的斑块镶嵌体的过程^[1]。景观破碎化直接或间接地影响着景观的结构、功能及动态,并对生物多样性和生态系统结构产生严重影响,其实质是自然与人为因素长期协同作用的结果。为恢复湿地生态自然环境,保护生物种群和生物多样性,达到生态平衡,应对湿地尤其是已定为自然保护区的湿地进行功能划分。湿地功能区的划分应充分体现湿地的特点,按照湿地的资源状况进行划分。多年的湿地景观破碎化分析可以充分体现湿地资源、各生态系统的变化情况,比如其在空间和时间上的连续性,据此进行功能区划分,以达到优先保护、合理布局的目的。在景观破碎化分析中,最有效的方法是利用“3S”技术对湿地内的相关信息进行提取和分析。本研究即采用“3S”技术对凌河口湿地 5 个年份跨越 20 年的景观破碎化动态变化进行分析,并在此基础上首次对其功能区进行划分,并利用“3S”技术对湿地 1995—2014 年中的 5 年进行了功能区的具体划分,为科学利用湿地资源、协调研究区经济发展和建设健康的湿地生态系统等提供科学依据^[2]。

1 研究区域概况

凌河口湿地是辽河三角洲湿地的重要组成部分,属辽宁省省级自然保护区,是我国河口湿地的典型区域。地理坐标为 121°00′ ~ 121°30′E, 40°45′ ~ 41°00′N。凌河口湿地保护

区地处中国渤海辽东湾北海岸,辽宁省凌海市南部沿海地带,囊括凌海市 68.7 km 海岸线,东起大凌河河口,与辽宁双台河口国家级自然保护区相邻;西至小凌河河口西部龙头,与世界知名的笔架山、天桥景观相接;北部为辽西中心城市锦州市和辽西明珠凌海市。保护区总面积约为 8.36 万 hm²,属滨海湿地复合生态系统。

保护区内物种多样,资源丰富,主要保护对象是湿地生态系统、候鸟及西太平洋斑海豹。每年有 7 万余只鸟经凌河口湿地进行迁徙,是国际上重要的候鸟停歇地,也是世界濒危鸟类黑嘴鸥和丹顶鹤的主要栖息地和繁殖地,并且该地区位于东北亚鸟类迁徙必经之地,生物物种十分丰富,有动植物共计 239 科,1 024 种。凌河口受辽东湾北部潮汐、海流、波浪等海洋因素的影响,形成大面积的滩涂、沼泽湿地,因此极具湿地生态效益。凌河口湿地生态资源丰富,不仅具有经济价值,而且具有重要的生态和科研价值^[3],应对其进行功能区的划分,以达到优先保护、科学利用的目的。

2 研究方法

2.1 基础资料

主要数据源为 1995、2000、2005、2009、2014 年 30 m 分辨率的 TM 影像。以 GIS 为技术平台,并用 ERDAS 8.6 对 TM 影像进行大气校正、几何纠正、信息增强等处理。收集的各种辅助资料有:行政界限图、水系图和大凌河地区以往的调查资料、研究成果以及各种相关地质、植被、土壤、气象、水文、区域地理概况、社会经济因素等。

2.2 土地利用景观分类与遥感分类信息提取

根据辽宁省土地部门制定的土地利用分类系统及实地调查研究,将凌河口湿地土地利用景观类型划分为 8 类,分别是:林地、湖泊-养殖塘、居民地、芦苇沼泽、旱地、水田、滩涂及河流。

收稿日期:2015-07-15

基金项目:国家自然科学基金青年科学基金(编号:31200392)。

作者简介:周林飞(1971—),女,吉林长春人,博士,副教授,主要从事“3S”技术的应用研究。E-mail:zlf924@163.com。

通信作者:徐浩田,硕士研究生。E-mail:syuxuhtian1@163.com。

利用 GPS 在野外对各地类进行野外定点,并将这些点转换为点文件,覆盖在遥感影像上,作为解译标志与校验手段,利用 ArcGIS 对各地类信息进行提取,同时运用 ArcGIS 中的

统计分析工具(summary statistics),对 8 种土地利用景观类型各自的总面积及斑块数量进行计算,结果如表 1 所示,为湿地景观破碎化定量分析提供数据基础。

表 1 凌河口湿地属性信息

湿地类型	1995 年		2000 年		2005 年		2009 年		2014 年	
	斑块总面积 (km ²)	斑块数 (个)	斑块总面积 (km ²)	斑块数 (个)	斑块总面积 (km ²)	斑块数 (个)	斑块总面积 (km ²)	斑块数 (个)	斑块总面积 (km ²)	斑块数 (个)
林地	116.65	27	33.66	82	24.85	42	10.05	10	34.90	20
湖泊-养殖塘	10.71	1	76.87	18	93.47	24	154.93	11	132.21	27
居民地	73.61	182	80.18	164	129.09	200	59.50	154	62.92	165
芦苇沼泽	48.27	3	64.23	14	81.19	12	72.32	7	152.76	17
旱地	310.98	16	289.96	39	276.42	37	268.17	13	198.51	58
水田	137.42	25	152.83	30	96.37	34	177.09	29	175.67	43
滩涂	121.82	18	97.13	26	96.48	11	73.27	14	46.92	10
河流	16.29	14	40.89	10	37.88	12	20.42	6	31.86	7

2.3 景观空间格局指标

景观空间格局通常是指景观的空间结构特征,具体是指由自然或人为形成的一系列大小、形状各异,排列不同的景观镶嵌体在景观空间的排列,即是景观异质性的具体表现。目前有上百种用来分析和解释景观格局的指数,但是景观结构要素之间具有高度的相关性。根据相关分析,本研究选定了 4 个既相互独立,又能全面描述凌河口湿地景观格局的景观指数,分别是:多样性指数、景观优势度指数、景观斑块密度和景观香农多样性指数。通过对它们的分析,能反映出凌河口湿地的景观破碎化状况。

2.3.1 景观多样性指数(H) 景观多样性指数是指景观元素或生态系统在结构、功能以及随时间变化方面的多样性,反映景观类型的丰富度和复杂度。H 的大小反映景观要素的多少和各景观要素所占比例的变化。当景观由单一元素构成时,说明景观是均质的,此时 H 值为 0;当景观由 2 个或 2 个以上元素组成时,若每个斑块类型所占的面积比例一致,则此时的 H 值最大^[4]。

$$H = - \sum_{i=1}^m (P_i \times \log_2 P_i)。$$
 (1)

式中:P_i 为第 i 类景观类型所占的面积比例;m 为景观类型的数目。

2.3.2 景观优势度指数(D) 景观优势度指数用最大可能多样性指数(H_{max})的离差来表示,它反映了景观空间格局构成中的一种或一些景观类型占支配地位的程度。当 H = H_{max} 时,D 值为 0;D 值越大,优势度越高,表示土地利用与覆被只受一种或少数几种土地利用类型控制;D 值越小,优势度越低,表示各土地利用与覆被比例大致相等。优势度指数与多样性指数成反比^[5]。

$$D = H_{max} - H = H_{max} + \sum_{i=1}^m (P_i \times \log_2 P_i)。$$
 (2)

式中:H_{max} 为各类型景观所占面积比例相等的情况下,景观的最大多样性指数,H_{max} = log₂m;P_i 为第 i 类景观类型所占的面积比例;m 为景观类型的数目。

2.3.3 景观斑块密度(PD) 景观斑块密度反映景观总体的斑块分化程度或破碎化程度。PD 值大,表明一定面积上斑块规模小,破碎化程度高;反之,表明景观类型保存完好。通过对景观要素边缘密度的分析,可以说明景观要素的动态

特征^[6]。

$$PD = \frac{N}{A}。$$
 (3)

式中:PD 表示斑块密度;N 为研究区景观斑块总数或某景观要素斑块类型的斑块总数目;A 为研究区总面积或某景观斑块类型的面积。

2.3.4 景观香农多样性指数(SHDI) 景观香农多样性指数是一个基于信息理论的景观指数,它能反映景观异质性。土地利用越丰富的景观系统中,其破碎化程度就会越高,具有的自身信息含量也越大,测算出的 SHDI 值自然就会越高^[7]。

$$SHDI = - \sum_{i=1}^m (P_i \times \ln P_i)。$$
 (4)

式中:P_i 为第 i 类景观类型所占的面积比例;m 为景观类型的数目。

3 计算结果与分析

3.1 计算结果

通过 ArcGIS 等软件,根据数据库中各景观类型的面积、斑块数等信息,按照式(1)~(4),代入相关参数,计算得出 1995、2000、2005、2009、2014 年 5 年的凌河口湿地的景观多样性指数(H)、景观优势度指数(D)、景观斑块密度(PD)和景观香农多样性指数(SHDI),将计算结果绘制成凌河口湿地景观格局指数变化趋势图(图 1)。

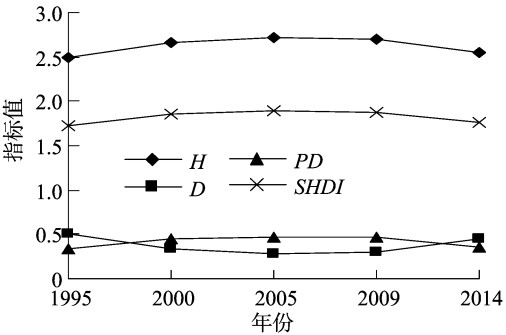


图1 凌河口湿地景观指标趋势

3.2 湿地内部破碎化分析

从图 1 可以看出,1995 年到 2014 年,凌河口湿地的各个景观指数趋势都呈抛物线形式变化,其中景观多样性指数先

从 2.498 升到 2.720,再降到 2.544;景观斑块密度先从 0.342 升到 0.473,再降到 0.354;香农多样性指数先从 1.732 升到 1.885,再降到 1.763;景观优势度指数则是先从 0.502 降到 0.280,再升到 0.456。由此不难看出 2005 年是一个转折点,各个指标出现了高峰或低谷。从各个指数的含义来分析,可以说明在 1995 年到 2005 年期间,湿地的景观多样性增加幅度明显,整体斑块密度增大,土地利用丰富,景观的破碎化程度加重,各类型所占的比例差异逐渐减小,表明在这期间人类对湿地景观的干预越来越频繁,造成了湿地景观的急剧变化。从优势度指数的定义来看,优势度 D 越大,表明景观只受一个或少数几个斑块类型的支配; D 值越小,表示景观由多个面积相近的斑块类型所构成。由此表明,湿地中占优势地位的几种景观类型的面积在逐步减小,各景观类型所占面积比例趋于平等。4 种景观指数变化趋势表明:1995—2005 年,湿地内景观破碎化加剧。这主要受人为活动的影响,使湖泊—养殖塘、居民地等的面积不断增大,旱地虽然面积没有上升,但斑块数量增加明显,这些对大斑块芦苇沼泽、滩涂等的不断蚕食、分割、隔离,使湿地质量下降,导致环境变差,进一步加剧湿地内部的破碎化进程。

从图 1 可以看出,在 2005 年到 2014 年期间,多样性指数、景观斑块密度和香农多样性指数都开始有所下降,景观优势度指数有所升高,由此可以得出结论:在这个时期,景观多样性在逐步减少,景观破碎化程度趋于缓和,其中一些占优势的景观类型得到了有效的巩固,景观的连续性和整体性较 2005 年有所好转^[8]。这主要是因为相关部门加强了湿地的生态环境管理,限制了对湿地的开发与占用。

4 凌河口湿地功能区划分

4.1 湿地功能区划分的依据

“人与生物圈计划”简称 MAB,是联合国教科文组织科学部门于 1971 年发起的一项政府间跨学科的大型综合性研究计划。生物圈保护区是 MAB 的核心部分,是一种新型的自然保护区,是根据“世界生物圈保护区网络章程框架”设立的。它将传统的绝对保护过渡到开放式、多功能的积极保护。建立自然保护区不但要保护自然资源,还要实现区域经济发展,因此,需要对保护区进行全方位规划,实现保护区的多功能作用,即除了把保护看作主要任务外,还应将教育、科研、生态旅游和资源开发等结合起来,促进区域经济发展。

为达到保护区的多功能要求,一般将其划分为 3 个区域:(1)核心区:是保护区的核心部分,此区域要尽量保证不受人或破坏或干扰。核心区要严禁采伐和狩猎等活动,严格保护动植物和生态环境,以维持物种多样性的完整,并使其维持稳定。具体划分时需注意:核心区必须是是需要保护的野生动植物最集中分布的区域,或者是各原生性生态系统类型保存最完好的区域。(2)缓冲区:一般处于核心区外围,可防止核心区受到外界的干扰,起到缓冲的作用。在缓冲区可适当地进行以资源保护为目的的科研活动、旅游活动、景观恢复工程等,但前提是不破坏湿地内景观。具体划分时需注意:缓冲区一般包括一部分原生性生态系统类型和由演替类型所占据的半开发地段,使生物、景观与核心区保持一致。(3)过渡区(又称试验区):主要用于发展本地特有的生物资源,保存与

核心区和缓冲区的一致性。在此区域允许进行一些科研和人类经济活动以协调当地居民、保护区及研究人员的关系^[9]。

4.2 功能区划分

凌河口湿地是辽宁省自然保护区,目前还没有对其进行功能区的划分。为实现凌河口湿地的多功能性,在保护的同时对其进行利用,本研究首次对其进行功能区的划分。以 MAB 提出的保护区功能区划分原则为依据,结合景观破碎化分析结果以及湿地内的实际情况进行划分。从景观破碎化分析结果看,1995—2005 年,由于人类对湿地景观的干预越来越频繁,湿地的景观多样性增加幅度明显,整体斑块密度增大,土地利用丰富,景观的破碎化程度加重,各类型所占的比例差异逐渐减小,使湿地景观急剧变化,改变了湿地固有的水文情势,使湿地内生物多样性面临最大威胁。虽然 2005—2014 年,湿地内景观破碎化程度有所改善,但是湿地内景观破碎化程度仍较大,需要加强对其的保护。基于以上原因,结合凌河口湿地景观破碎化现状及物种生境特征,建议性地提出了该湿地功能区的划分。从凌河口 5 年的湿地遥感影像以及湿地调查来看,凌河口湿地的东南角主要分布的是沼泽地和珍稀动物,相对完好地保存了原始生态系统的类型,因此将凌河口湿地的南部沿海地带及周边沼泽地区划分为核心区;过渡区为研究区的中部地区,这里主要是林地、旱田、水田等,其功能与核心区的功能相似;破碎化程度比较严重的北部地区,划分为试验区^[10]。具体分区如下:

4.2.1 核心区 核心区的划分有着资源分布及地理形态上的考虑。核心区总面积 305.88 km²,占湿地总面积的 36.6%。核心区中包含了芦苇沼泽、河流、湖泊—养殖塘、滩涂等生态系统,为候鸟的主要栖息地和觅食地。核心区主要以保护湿地珍稀野生动植物为主,同时要保护生态环境,是重点保护区域。目前区内人为活动较小,核心区内居民地面积从 1995 年的 37.54 km² 降至 2014 年的 2.09 km²,但从长期来看核心区内需避免外界和人为干扰,应将核心区的居民全部迁出。

4.2.2 缓冲区 缓冲区位于核心区的外围,对核心区有隔离、缓冲和保护的作用,总面积 268.28 km²,占湿地总面积的 32.1%,目前看破碎化程度高于核心区,主要包括水田、旱地、林地、滩涂、芦苇沼泽、湖泊—养殖塘等生态系统。在此区域可进行以保护为目的的科研、教学、生态修复工程以及生态旅游等。

4.2.3 过渡区(试验区) 过渡区为缓冲区以外的地区,总面积 261.59 km²,占湿地总面积的 31.3%,目前看破碎化程度高于另外 2 区,包括旱田、林地、水田、芦苇沼泽、滩涂、河流、居民地等生态系统。在此区域可从事参观考察、科研试验和相应的经济活动等。

核心区、缓冲区和试验区各区 1995—2014 年 5 年景观类型面积见表 2 和表 3,功能区划分示意图如图 2 所示。从 3 个功能区各景观类型面积及受人类干扰情况来看,对凌河口湿地功能区的划分方式是合理的,可发挥湿地的各种功能,满足可持续发展的要求。凌河口湿地核心区内的生态系统和生物群落应受到充分保护,但湿地内部还有旱地和居民地等,因此建议在核心区内退耕还湿,居民从核心区迁出,以达到保护的

表 2 1995、2000 年凌河口湿地功能分区景观类型面积

km²

土地类型	1995 年			2000 年		
	核心区	缓冲区	试验区	核心区	缓冲区	试验区
旱地	37.98	102.78	170.22	21.92	95.27	172.77
水田	19.24	104.44	13.74	11.54	126.01	15.28
居民地	37.54	18.40	17.67	40.89	20.05	19.24
芦苇沼泽	41.03	6.28	0.97	54.60	8.35	1.28
林地	43.77	35.00	37.88	2.34	10.10	21.22
滩涂	109.34	0.00	12.48	84.42	3.00	9.71
河流	7.33	0.33	8.63	17.99	0.82	22.08
湖泊—养殖塘	9.65	1.06	0.00	72.18	4.69	0.00
总计	305.88	268.28	261.59	305.88	268.28	261.59

表 3 2005—2014 年凌河口湿地功能分区景观类型面积

km²

土地类型	2005 年			2009 年			2014 年		
	核心区	缓冲区	试验区	核心区	缓冲区	试验区	核心区	缓冲区	试验区
旱地	12.79	86.02	177.61	12.18	78.50	177.49	7.94	65.51	125.06
水田	13.50	73.23	9.64	23.52	134.59	18.98	15.81	135.27	24.59
居民地	45.84	52.27	30.98	5.35	21.88	32.28	2.09	35.73	25.10
芦苇沼泽	64.01	10.55	6.62	58.47	9.40	4.45	103.13	2.75	26.88
林地	1.11	7.46	16.28	0.00	3.01	7.04	12.80	10.47	11.63
滩涂	72.83	23.65	0.00	63.08	2.86	7.33	57.54	4.69	4.69
河流	16.67	0.76	20.46	5.83	0.56	14.03	14.02	0.64	17.20
湖泊—养殖塘	79.13	14.35	0.00	137.45	17.49	0.00	92.55	13.22	26.44
总计	305.88	268.28	261.59	305.88	268.28	261.59	305.88	268.28	261.59

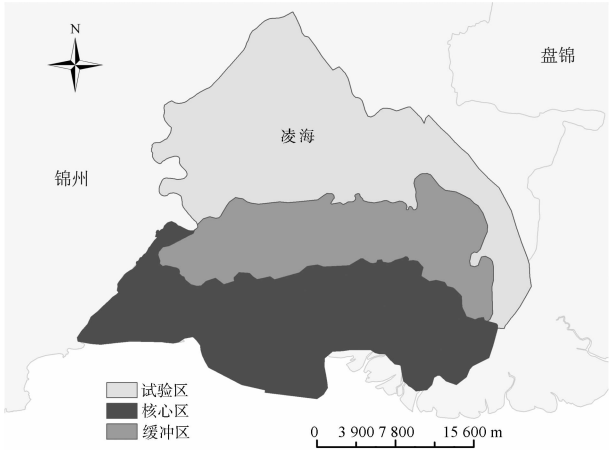


图2 凌河口湿地功能分区

5 结论

通过遥感和地理信息系统空间分析技术,运用相关计算软件,对湿地资源进行了数据处理和分析。研究表明,1995 年到 2005 年该区域的斑块密度在逐渐增大,湿地各个景观类型的连续性和整体性在降低,破碎化程度越来越严重,主要是受人为活动的影响;2005 年到 2014 年,多样性指数、斑块密度及香农多样性指数在逐步降低,景观优势度指数在逐步升高,这表明湿地的整体性和连续性正在逐渐恢复,生态环境较 2005 年之前有所改善。

为保护凌河口湿地生态系统的完整性,本研究以 MAB 提

出的保护区功能区划分原则为依据,结合其景观破碎化分析结果以及凌河口湿地的实际情况,首次对其进行功能区的划分,分为核心区(占湿地总面积的 36.6%)、缓冲区(占湿地总面积的 32.1%)和试验区(占湿地总面积的 31.3%)。

参考文献:

[1] 由 畅,周永斌,于丽芬,等. 景观破碎化数量分析方法概述[J]. 中国农学通报,2006,22(5):146-151.
[2] 周再知,蔡满堂,肖笃宁,等. 乡村土地利用与景观格局动态变化研究[J]. 林业科学研究,1999,12(6):599-605.
[3] 李新香. 凌河口湿地科学考察[J]. 辽宁林业科技,2004(1):34-35.
[4] 王 胜. 景观结构特征数量化方法概述[J]. 河北林果研究,1999,14(2):126-132.
[5] 李 详,王心源,胡 玮,等. 基于 GIS 的安庆武昌湖湿地景观格局演变研究[J]. 中国水土保持,2006,28(5):44-46.
[6] 周再知,蔡满堂,许勇太. 乡村土地利用与景观格局动态变化研究[J]. 林业科学研究,1999,12(6):599-605.
[7] 周连义,江 南,吕 恒,等. 长江南京段湿地景观格局变化特征[J]. 资源科学,2006(5):24-29.
[8] 钟春棋,郑彩红. 基于 TM 影像的闽江口湿地信息提取及其动态变化研究[J]. 国土资源遥感,2008(1):38-41.
[9] 余新晓,牛建植,关文彬,等. 景观生态学[M]. 北京:高等教育出版社,2006:211-288.
[10] 王献涛,于顺利,陈宏伟. 论保护区基本含义的发展和深化[J]. 北京林业大学学报,2006,28(4):165-168.