

# 基于 RS 与 GIS 的近代黄河三角洲丹顶鹤生境分析<sup>\*</sup>

李祥<sup>1</sup>, 郭笃发<sup>1</sup>, 张宝雷<sup>1</sup>, 蒋红花<sup>2</sup>

(1. 山东师范大学 人口·资源与环境学院, 济南 250014; 2. 山东师范大学 科研处, 济南 250014)

**摘要:**以近代黄河三角洲 3 期 TM 遥感影像(1986 年, 1996 年, 2001 年)及研究区 1980 年的地形图为基础数据, 应用 RS 与 GIS 技术, 结合野外调查, 采用空间多样性指数( $S_d$ )对 1986 - 2001 年近代黄河三角洲丹顶鹤生境适宜性的时空变化进行了分析。依据  $S_d$  值的高低与丹顶鹤生境的相关性我们将  $S_d$  分为 4 类: 低值区(0, 0.25], 中低值区(0.25, 0.50], 中高值区(0.50, 0.65], 高值区(0.65, 1.00], 值越高, 生境质量愈高, 适宜程度亦愈高。结果表明: 从 1986 - 2001 年近代黄河三角洲丹顶鹤生境的破碎化程度加深, 生境连通性降低, 适宜性下降。不适宜生境( $S_d < 0.5$ )的区域面积比重呈现出增加的趋势: 从 1986 年的 65.11% 增加到 1996 年的 70.79%, 又增加到 2001 年的 77.06%;  $S_d > 0.5$  的区域面积比重呈现出明显的下降趋势: 1986 年, 1996 年和 2001 年的面积比重分别为 34.9%, 28.2%, 22.93%。

**关键词:**丹顶鹤生境; 空间多样性指数; RS 和 GIS; 近代黄河三角洲

中图分类号: X171.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)06-0069-05

## Habitat Analysis of Red-crowned Crane in the Modern Yellow River Delta Based on RS and GIS

LI Xiang<sup>1</sup>, GUO Du-fa<sup>1</sup>, ZHANG Bao-lei<sup>1</sup>, JIANG Hong-hua<sup>2</sup>

(1. College of Population, Resources and Environment, Shandong Normal University, Jinan 250014, China;

2. Science and Technology Agency of Shandong Normal University, Ji'nan 250014, China)

**Abstract:** Based on TM imagery, topographic maps and field investigation, the habitat pattern of red-crowned cranes in the Modern Yellow River Delta was analyzed with RS and GIS. Spatial diversity index ( $S_d$ ) was applied to describe the temporal and spatial variation between 1986 and 2001 in the process. According to the relativity between the Red-crowned Crane habitat and spatial diversity index, we divided  $S_d$  into four categories as follows: low value(0, 0.25], mid-low value (0.25, 0.50], mid-high value (0.50, 0.65] and high value (0.65, 1.00]. A higher value indicates better habitat quality and suitability. The results showed that the fragmentation of the Red-crowned Crane habitat increased while the connectivity and suitability of the habitat decreased with time between 1986 and 2001 in the Yellow River Delta. The area of unsuitable habitat ( $S_d < 0.5$ ) gradually enlarged, which accounted for 65.11%, 70.79% and 77.06% in 1986, 1996 and 2001 respectively. The area with high or mid-high  $S_d$  values ( $S_d > 0.5$ ), which occupied 34.9% (1986), 28.2% (1996) and 22.93% (2001), showed an obvious decreasing trend.

**Key words:** red-crowned crane habitat; spatial diversity index; RS and GIS; modern Yellow river delta

生境(Habitat)指的是动植物个体或种群的自然栖息场所,是动物个体、种群或群落生长、发育和分布的地段上各种生态环境因子的总和<sup>[1]</sup>。对鸟类而言,生境就是个体、种群或群落在某一生活史阶段

(比如繁殖期,越冬期)所占据的环境类型,是其各种生命活动的场所<sup>[2]</sup>。

丹顶鹤(*Grus japonensis*)是世界上珍稀濒危的鸟类物种之一<sup>[3]</sup>,被列入国际自然保护联盟(IU-

\* 收稿日期: 2009-06-01

基金项目: 山东省自然科学基金项目(Y2006D34); 山东省软科学研究计划项目(B2006119)

作者简介: 李祥(1985-), 男, 山东济南人, 硕士, 主要从事地理信息系统、遥感与景观生态等方面的研究工作。E-mail: sdsflixiang@163.com

通信作者: 郭笃发(1963-), 男, 山东济南人, 博士, 教授, 主要从事生态学与土壤微生物学等方面的研究。E-mail: guodufa@163.com

CN) 濒危物种红皮书,并被定为易危 (Vulnerable) 物种<sup>[4]</sup>,是国家的一级保护动物,它们越冬和迁徙栖息地的选择至关重要。丹顶鹤对人类活动的敏感度很高,这决定了它只能栖息于人类活动干扰较弱的湿地上,所以湿地环境的变化将直接影响其生存与发展<sup>[1]</sup>。黄河三角洲是东北亚内陆和环西太平洋鸟类迁徙重要的中转站、越冬栖息地和繁殖地<sup>[5]</sup>,是丹顶鹤、黑嘴鸥等珍稀水禽赖以生存的湿地生态系统,也是国家级自然保护区。但是近年来在人类活动干扰下,黄河三角洲的丹顶鹤生境发生了剧烈的变化,这些变化对丹顶鹤的生存和繁衍产生了重大的影响,通过研究近代黄河三角洲丹顶鹤生境的变化,可以为丹顶鹤的保护提供科学依据。胡远瞞、舒莹等人把影响丹顶鹤生境选择的因素划分为水、食物、隐蔽物和干扰 4 类,然后再对各生境要素分类分级,最后制作丹顶鹤生境类型图,以此研究丹顶鹤生境的变化。而本文引用空间多样性指数 ( $S_d$ ),并依据该指数的高低与丹顶鹤生境的相关性将其分为 4 类,最后制作丹顶鹤生境空间多样性分布图。

## 1 研究区概况

近代黄河三角洲是 1855 年黄河于河南铜瓦厢决口夺大清河注入渤海后冲积形成的三角洲,以垦利县宁海为顶点,西起套尔河口,南抵淄脉沟口,地理坐标为 118°07' - 119°18' E, 36°55' - 38°12' N, 面积约为 6 000 km<sup>2</sup>。1993 年加入中国人与生物圈网络,1994 年列为湿地、水域生态系统 16 处具有国际意义的重要保护地之一,1996 年加入“东亚 - 澳大利亚涉禽保护网络”,1997 年加入“东北亚地区鹤类保护区网络”<sup>[6]</sup>。黄河三角洲属暖温带半湿润大陆性季风气候,自然生态系统具有原生性特征,区内发育了广阔的湿地生态系统,资源丰富<sup>[7]</sup>。黄河三角洲也是中国重要的石油和商品粮生产基地,有中国第二大油田胜利油田,因此该区也是受人类活动干扰较为严重的地区之一。

## 2 数据及研究方法

### 2.1 数据

在野外调查的基础上,以近代黄河三角洲地区 1986 年、1996 年和 2001 年 3 个时相的 TM 遥感影像及 20 张 1980 年 1:5 万的地形图为基础数据,利用 ENVI 软件先对图像进行几何校正和掩膜运算 (Mask),然后进行非监督分类和监督分类,结合人工目视解译,并通过野外验证修改后,得到了本区 3 个时相的丹顶鹤生态环境类型本底图,该生态环境

类型本底包括:建成区、农田、苇田、虾蟹田、盐田、刺槐林、柳林、水域、芦苇草地、柺柳芦苇、翅碱蓬、滩涂、潮下带 13 种。

考虑到丹顶鹤对人类干扰的敏感度高,正常情况下对于越冬及迁徙来说,能接近人工建筑物的最近距离分别为:离路 200 m,油井 300 m<sup>[1,8]</sup>。针对这一特点,分别对道路和油井做 200 m 和 300 m 的缓冲区,并与各自时段的生态环境类型本底图叠加生成 1986 年、1996 年、2001 年的丹顶鹤生境类型图(附图 1)。

### 2.2 空间多样性指数的计算方法

用 ArcMap 软件将丹顶鹤生境覆被图转化为栅格图像,栅格大小应根据丹顶鹤生境的特点和研究需要来确定,以最小斑块的面积为网格面积 100 m × 100 m,最后以栅格为计算单位,利用该软件的栅格计算与统计分析功能进行丹顶鹤生境的空间多样性指数研究。

2.2.1 混合度 混合度是指不同生境类型单元间的混合程度。对于多生境物种而言,不同类型的适宜生境分布愈趋于集中,食物和隐蔽条件愈多样化,愈利于动物的生存。混合度的求算原理<sup>[9]</sup>如下:

E	A	A
D	A	B
C	B	A

A, B, C, D, E 代表不同的生境类型

图 1 计算空间多样性指数的栅格布局示例

以任一栅格 (cell) 为中心,其周围都有 8 个相邻栅格,每一栅格皆代表着特定的生境类型,以图 1 为例。混合度的计算公式如式 (1)。

$$I_s = n/8 \tag{1}$$

式中:  $I_s$  ——混合度;  $n$  ——相邻 8 个栅格中生境类型不同于中心栅格生境类型的栅格个数。

所以,混合度的值介于 0 ~ 1 之间。据此,图 1 中心栅格的  $I_s = 5/8 = 0.625^{[10]}$ 。

2.2.2 邻接度 邻接度表征物种的生境需要与物种所在地之间的相邻或接近程度,即不同生境单元边界类型的空间配置的优劣,邻接度必须有专家知识库支持,其求算过程<sup>[9]</sup>如下。

(1) 首先确认围绕中心栅格的所有边界类型组合情况,如中心栅格生境类型为 A,则需确定边界组合类型为 AA, AB, AC 或其他,最多可有 8 种组合类型。

(2) 赋予每一个相邻边界类型一个数量值,垂向或横向相邻为 2,斜向相邻为 1,这样即可得出任一栅格的相邻边界类型的数量值总和为 12。

(3) 根据野生动物对不同生境的需求,赋予每一种边界组合类型一个相对权重值(介于 0~1),代表

相邻的不同生境类型间的生境质量或重要性。丹顶鹤生境边界组合类型的相对权重值如表 1 所示。

表 1 丹顶鹤生境边界组合类型的相对权重值

中心栅格覆被类型	滩涂	水域	刺槐林	虾蟹田	盐田	芦苇草地	苇田	农田	柳林	柽柳芦苇	潮下带	翅碱蓬	建成区
滩涂	0.70	0.55	0	0.40	0	0.80	0.85	0.10	0.45	0.80	0.45	0.80	0
水域	0.50	0.20	0	0.20	0	0.65	0.70	0.10	0.10	0.40	0.20	0.45	0
刺槐林	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
虾蟹田	0.30	0.10	0	0.25	0	0.55	0.60	0.20	0.1	0.25	0.10	0.20	0
盐田	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
芦苇草地	0.55	0.55	0	0.55	0	0.90	0.90	0.20	0.45	0.50	0.45	0.50	0
苇田	0.60	0.65	0	0.60	0	0.95	1	0.25	0.40	0.60	0.50	0.60	0
农田	0.05	0	0	0.05	0	0.20	0.25	0	0	0.05	0.05	0.05	0
柳林	0.20	0	0	0	0	0.40	0.50	0	0.20	0.30	0.40	0.30	0
柽柳芦苇	0.70	0.50	0	0.45	0	0.80	0.90	0.20	0.45	0.90	0.45	0.50	0
潮下带	0.50	0.25	0	0.15	0	0.60	0.70	0	0.15	0.45	0.40	0.40	0
翅碱蓬	0.80	0.55	0	0.40	0	0.90	0.95	0.10	0.50	0.80	0.50	0.9	0
建成区	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(4) 中心栅格与任一相邻栅格间相邻边界的数量值与相对权重值之积,即为此边界类型的重要性指标值,8 个相邻边界类型指标值之和除以 12,即得到中心栅格的邻接度指标  $J_s$ ,其值域亦为 0~1<sup>[10]</sup>。仍以图 1 为例,假若图中边界 A/A, A/B, A/C, A/D, A/E 相对权重值分别为 0.9,0.2,1.0,0.45,0.3。则邻接度的计算如下表 2:丹顶鹤生境邻接度  $J_s = 6.6 / 12 = 0.55$ 。

2.2.3 空间多样性指数 以混合度和邻接度为基础得出的空间多样性指数,既能体现生境的多样性,又能体现生境的连通性,其公式如式(2)<sup>[9]</sup>。

$$Sd_A = A I_s + A J_s \quad (2)$$

式中:A——某特定物种; $Sd_A$ ——空间多样性指数; $A$ ——混合度的权重值; $I_s$ ——混合度; $A$ ——邻接度的权重值; $J_s$ ——邻接度。

考虑到丹顶鹤对生境的要求较高,喜欢大面积的芦苇田和有高等植物生长的滩涂,且具有领域性,由此认为丹顶鹤生境的空间多样性指数构成中邻接度的重要性高于混合度,最后赋予丹顶鹤生境中  $A$ 、 $A$  分别为 0.3 和 0.7。

利用 ArcMap 软件的栅格计算功能可以得出任一栅格的上述 3 个指标值,最终生成丹顶鹤生境空间多样性指数分布图(图 2),因指标值复杂多样,不便于统计分析,为此将丹顶鹤生境指标值简化为 4 类,分别为低值区(0,0.25]、中低值区(0.25,0.50]、中高值区(0.50,0.65]、高值区(0.65,1.00],用 1,

2,3,4 来表示,用以表征生境的质量和适宜程度,值越高,生境质量愈高,适宜程度亦愈高<sup>[10]</sup>。依据空间多样性指数( $S_d$ )的高低与丹顶鹤生境适宜性的相关性我们把低值区与中低值区列为不适宜生境,中高值区列为中度适宜生境,高值区列为适宜生境。

表 2 邻接度的计算赋值

边界类型	边界数量值	相对权重值	两者之积
A/A	4	0.90	3.60
A/B	4	0.20	0.8
A/C	1	1.00	1.00
A/D	2	0.45	0.90
A/E	1	0.30	0.30
总计	12		0.55

### 3 结果分析与讨论

#### 3.1 丹顶鹤生境格局的基本特点

利用 ArcMap 对丹顶鹤生境类型图进行信息提取,统计后得到不同时段丹顶鹤生境空间多样性指数分布如图 2。从图 2 可以看出,黄河三角洲地区丹顶鹤的适宜生境( $S_d > 0.65$ )和适度适宜生境( $0.5 < S_d < 0.65$ )所占面积比重较小,主要分布在周边沿海地区,而且除了 1986 年,总体布局较为零散,越来越表现为孤立的大小不同的斑块组合。受道路、油井、堤等人工建筑物的影响适宜生境和适度适宜生境有较为明显的破碎化,而且越来越严重。不适宜生境( $S_d < 0.5$ )主要分布在中部,有向沿海

扩展的趋势。结合附图 1 可以看出,丹顶鹤的适宜的生境首先是苇田,其次是翅碱蓬、芦苇草地及怪柳芦苇,不适宜生境主要是建成区、盐田、刺槐林、农田,这与现实的分布状况也是一致的。

### 3.2 生境覆被类型变化特点

将 1986 年、1996 年、2001 年丹顶鹤生境类型图中覆被类型斑块数量与面积在 ArcMap 中进行统计可得表 3。

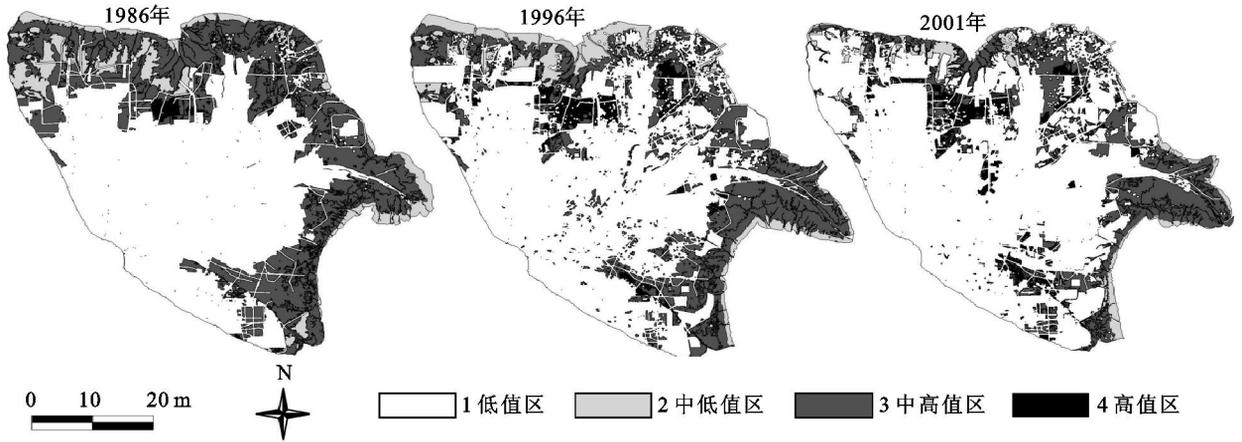


图 2 丹顶鹤生境空间多样性分布图

表 3 丹顶鹤生境类型参数统计结果

覆被类型	1986 年		1996 年		2001 年	
	斑块数量	面积百分比/ %	斑块数量	面积百分比/ %	斑块数量	面积百分比/ %
滩涂	270	6.02	198	3.38	443	3.42
水域	549	2.96	864	4.44	943	4.43
刺槐林	23	0.45	73	1.08	33	1.02
虾蟹田	15	0.46	75	4.26	129	9.30
盐田	2	0.05	6	0.35	25	0.86
芦苇草地	381	2.89	693	1.80	877	2.51
苇田	26	0.54	162	2.74	569	3.31
农田	902	34.27	1119	29.55	937	30.34
柳林	2	0.07	14	0.07	23	0.22
怪柳芦苇	742	18.02	1353	13.66	943	10.59
潮下带	156	3.37	272	4.81	224	1.85
翅碱蓬	521	12.90	486	9.69	556	6.24
建成区	352	18.00	481	24.17	546	25.91

从表 3 可以看出,黄河三角洲地区的主要生境类型为农田和建成区。其中建成区的面积比重呈现逐年增加的趋势,从 1986 年的 18 %到 1996 年的 24.17 %再到 2001 年的 25.91 %,这与本区的经济开发是分不开的。苇田的面积有所增加,1986 年为 0.54 %,1996 年为 2.74 %,2001 年为 3.31 %。虾蟹田面积也有所增加,从 1986 年的 0.46 %增加到 2001 年的 9.3 %。翅碱蓬面积呈减少趋势,由 1986 年的 12.9 %下降到 2001 年的 6.24 %,而且表现出一定的破碎化,2001 年斑块数量为 556 个,为 3 年的最高值,但是面积却是 3 年最少的,说明翅碱蓬被严重占用和切割。

### 3.3 丹顶鹤生境空间多样性的变化

表 4 是 1986 年、1996 年和 2001 年黄河三角洲丹顶鹤生境空间多样性指标的变化情况。不适宜生境的区域面积呈现出增加的趋势,从 1986 年的 65.11 %增加到 1996 年的 70.79 %之后又增加到 2001 年的 77.06 %。尤其是低值区,从 1986 年的 56.17 %增加到 63.96 %,最后到了 71.73 %。虽然  $S_d > 0.65$  的面积有增加的迹象,但是总体上  $S_d > 0.5$  区域的面积呈现出明显的下降趋势,由从 1986 年的 34.9 %下降到 1996 年的 28.2 %之后又下降到 2001 年的 22.93 %。

由此可知:从 1986 - 2001 年丹顶鹤的生境适宜

性逐渐下降,适宜生境与中度适宜生境的面积不断减少,生境质量呈下降趋势。

表 4 丹顶鹤生境空间多样性指标变化表

空间多样性指数	1986 年		1996 年		2001 年	
	面积/hm <sup>2</sup>	百分比/%	面积/hm <sup>2</sup>	百分比/%	面积/hm <sup>2</sup>	百分比/%
1(0,0.25]	34537	56.17	394909	63.96	432835	71.73
2(0.25,0.50]	54981	8.94	48372	7.83	32170	5.33
3(0.50,0.65]	205977	33.50	153885	24.92	115462	19.13
4(0.65,1.00]	8580	1.40	20265	3.28	22958	3.80
合计	614509	100	617431	100	603425	100

#### 4 丹顶鹤生境变化的原因探讨

黄河三角洲丹顶鹤生境发生变化的主要原因是人类活动的影响;蒸降比大的气候条件和淡水资源缺乏的水文状况也是一个重要因素,这使得土地生态环境脆弱<sup>[11]</sup>。随着土地利用与经济开发程度不断加深,从 1986 - 2001 年,道路长度由 958 km 增加到 1 162 km,油井数量也增加了 1 500 多座,虾蟹田的面积比重从 0.46% 增加到 9.3%,从而导致翅碱蓬 - 柽柳芦苇群落面积减少了近一半。建成区面积的增加使得丹顶鹤适宜生境与中度适宜生境的面积减少,并且生境的破碎化程度加深,连通性降低,对丹顶鹤的生存环境造成了严重的负面影响。当然人类的活动比如苇田的开发,由于基本上保持了湿地生态系统的特点,可以给丹顶鹤提供充足的食物和水,在一定时间和范围内,还是能被丹顶鹤所接受的。当然没有限度的开发,会使得湿地生物多样性丧失,最终对丹顶鹤的栖息是不利的<sup>[11,12]</sup>。

#### 5 结论

(1) 近代黄河三角洲丹顶鹤生境的破碎化程度加深,生境连通性降低,适宜性下降。

(2) 空间多样性指数  $S_d > 0.5$  的区域为丹顶鹤生境的中度适宜与适宜生境,主要分布在无干扰或轻干扰的苇田、翅碱蓬滩地 - 柽柳芦苇群落等区域。 $S_d < 0.5$  的区域为不适宜生境。

(3) 近代黄河三角洲丹顶鹤生境变化的主导因素是人类活动的影响。

(4) 采用遥感与地理信息系统技术,运用空间多

样性指数可以直观地描述丹顶鹤生境的格局,这为快速监测该区生境变化提供了可行的手段。

#### 参考文献:

- [1] 舒莹,胡远满,郭笃发,等. 黄河三角洲丹顶鹤适宜生境变化分析[J]. 动物学杂志, 2004, 39(3): 33-41.
- [2] 杨维康,钟文勤,高行宜. 鸟类栖息地选择研究进展[J]. 干旱区研究, 2000, 17(3): 71-78.
- [3] Collar N J, Crosby M J, Stattersfield A J. Birds to Watch 2: The World List of Threatened Birds[M]// Birdlife conservation series no. 4. Cambridge, UK: Birdlife international, 1994: 74.
- [4] 马志军,王子建,汤鸿霄. 丹顶鹤在中国的分布现状[J]. 生物学通报, 1997, 32(12): 4-6.
- [5] 张晓龙,李培英,刘月良,等. 黄河三角洲湿地研究进展[J]. 海洋科学, 2007, 37(7): 81-84.
- [6] 刘敦训. 黄河三角洲湿地生态环境分析与保护[J]. 山东气象, 2006, 26(1): 65-66.
- [7] 许学工. 黄河三角洲土地结构分析[J]. 地理学报, 1997, 52(1): 18-26.
- [8] 肖笃宁,胡远满,李秀珍,等. 环渤海三角洲湿地的景观生态学研究[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [9] Heinen J, Cross G H. An approach to measure interspersation, juxtaposition, and spatial diversity from cover-type maps[J]. Wildl. Soc. Bull, 1983, 11(3): 232-237.
- [10] 王凌. 辽河三角洲土地利用变化及规划预案研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2003: 22-33.
- [11] 李静,赵庚星,范瑞彬. 黄河三角洲土地利用及土地覆盖变化驱动力分析[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2003, 31(3): 117-122.
- [12] 颜忠诚,陈永林. 动物生境选择[J]. 生态学杂志, 1998, 17(2): 43-49.