

升金湖自然湿地越冬鹤类生境适宜性变化研究^{*1}

陈凌娜¹ 董斌^{1, 2*} 彭文娟¹ 高祥¹ 黄慧¹ 王成¹ 叶小康¹

朱鸣¹ 吕典¹ 赵抗抗¹ 张双双¹ 倪燕华¹

(1. 安徽农业大学理学院, 安徽合肥 230036;

2. 安徽省智慧城市与地理国情监测重点实验室, 安徽合肥 230031)

【摘要】:升金湖湿地位于安徽省长江中下游区域,是鹤类重要的越冬地之一,湿地景观的变化影响越冬鹤类的生境质量。研究湿地内越冬鹤类生境变化对湿地生态恢复有着重要的研究意义。以升金湖国家级自然保护区为研究对象,利用 ERDAS 软件将 1986 年到 2015 年间 8 个年份冬季的 TM 影像数据将景观类型分为 8 种类型,用 FRAGSTATS 软件计算出各个年份的景观指标。选取干扰程度、食物丰富度、植被覆盖和水文条件 4 种因子作为影响越冬鹤类生境的主要因子。建立越冬鹤类生境适宜性评价模型,用 Arc GIS 生成鹤类生境适宜性评价图。用皮尔逊相关分析研究鹤类数量与生境适宜性的相关性。结果表明:升金湖保护区的景观格局变化明显,湿地斑块数量增加,景观的破碎度程度增加,景观斑块差异在逐渐变小,多样性指数和均匀度指数逐渐变大。越冬鹤类生境适宜性综合指数从 0.845 下降到 0.465,总体的生境明显恶化。越冬鹤类的生境适宜性面积从 1986 年的 13577.11hm² 下降到 2015 年的 7424.42hm²,进而导致越冬鹤类数量在 1986 年到 2015 年总体呈下降趋势。鹤类数量与生境适宜性呈正相关。

【关键词】:生境影响因子;生境适宜性评价模型;越冬鹤类;景观格局

【中图分类号】:X196 **【文献标识码】:**A **【文章编号】:**1004-8227(2018)03-0556-08

DOI:10.11870/cjlyzyyhj201803011

湿地是在水陆相互作用下形成的自然综合体,与森林、海洋并称为世界上 3 大生态系统,湿地的功能具有多样性,其生物物种的种类也比较丰富^[1]。湿地在生态系统服务和生态系统功能方向发挥了重要作用,增加了植被的多样性,为野生动物提供了重要的栖息地^[2]。升金湖湿地吸引了占长江流域总量约 10%的水鸟在此越冬栖息,每年冬季水鸟总数最大密度约 160 只/km²,是长江中下游水鸟密度较高的湿地湖泊之一^[3]。其中鹤类是升金湖湿地的典型越冬水鸟也是国际重点野生保护动物。世界上的鹤类仅 15 种,其中 11 种在 IUCN 红色名录中标为濒临灭绝物种^[4]。目前,遥感技术、航空摄影技术、声频分析、雷达监测等技术和方法在鹤类研究中受到广泛应用^[5~8]。

¹ 收稿日期:2017-09-04; 修回日期:2017-11-02

基金项目:国家自然科学基金面上项目(41571101);安徽省智慧城市与地理国情监测重点实验室基金(2016-K-04Z);安徽省国土资源厅科技项目(2013-k-10);安徽省高校省级自然科学基金项目(KJ2012Z108);北京林业大学精准林业北京市重点实验室及精准林业关键技术与装备研究(2015ZCQ-LX-01)

作者简介:陈凌娜(1993~),女,硕士研究生,主要研究方向为 3s 技术在林业上的应用. chenlingna416@163.com

***通讯作者 E-mail:**dbhyl23@sina.com

近年来,升金湖自然湿地的农业开发和人类活动等干扰越来越多,越冬鹤类种群及其分布发生了明显的变化,湿地的生态风险显著上升^[9]。徐文彬等从越冬期升金湖湿地环境和水鸟越冬现状,指出保持合适的水位、控制人为活动是保证水鸟安全越冬的关键^[10]。江红星等从人为干扰角度对升金湖越冬水鸟分布格局进行研究,结果表明水鸟数量与栖息地干扰程度显著负相关^[11]。本文从景观尺度上,研究景观类型的变化对越冬鹤类数量的影响,结合植被、水文、干扰、地形等综合地理因子,建立鸟类栖息地生态适宜性评价模型,定量分析景观变化对越冬鹤类栖息地的影响,分析越冬鹤类数量及其分布变化与景观变化之间的定量关系,阐明越冬鹤类对自然湿地景观格局的响应机制。越冬鹤类的生境适宜性模型的建立为升金湖湿地保护与恢复提供了理论依据,便于升金湖管理当局对越冬鹤类提出正确的保护政策。

1 研究区概况

升金湖国家自然保护区位于安徽省西南部,长江南岸池州市境内(116° 55' ~117° 15' N, 30° 15' ~30° 30' N)。升金湖地区的区域面积约 33340hm²,气候属亚热带季风气候,特点是四季分明、光照充足,雨量充沛。多年平均降雨量 1554.4mm,多年平均气温 16.14℃^[8]。

升金湖国家级自然保护区位于亚太地区候鸟迁徙沿线,湖滩广阔且饵料较足;迁徙水鸟每年 10 月初陆续迁到升金湖,次年 4 月末迁离。每到秋冬季节,联合国、欧美地区国家的研究人员、专家学者前来实地考察。据调查,本区共有鸟类 142 种,其中越冬候鸟 66 种。属于国家一级保护的鸟类有白头鹤、白鹤、黑鹳等 5 种,属于国家二级保护的鸟类有白枕鹤、小天鹅等 16 种。1992 年保护区被原林业部和世界自然基金会列为中国具有世界意义的 40 个自然保护区之一,1995 年加入中国人与生物圈自然保护区网络,2002 年加入东北亚鹤类网络保护区,2005 年加入东亚-澳大利西亚涉禽保护区网络,是长江中下游湿地保护网络成员,中国和亚洲重要湿地^[12]。2015 年 12 月 25 日升金湖入编《国际重要湿地名录》,是安徽省首个荣获国际级称号的自然保护区。

2 材料与方法

2.1 数据来源

采用的景观格局数据为升金湖湿地 1986 年、1990 年、1995 年、2000 年、2004 年、2008 年、2011 年和 2015 年冬季(12 月到次年 2 月)8 期 TM 影像分类后的结果数据。运用 ERDAS 进行波段融合、几何校正、裁剪、图像增强等预处理方式,利用监督分类把土地利用景观分为草滩地、林地、水域、水田、芦苇滩地、泥滩地、建设用地。分类后进行结果检验,利用野外 GPS 采集的 143 个数据点,导入数据检验出 kappa 系数为 0.91,分类精度比较高。再利用 Arc GIS 计算斑块的数量和面积。最后利用景观分析软件 FRAGSTATS 计算出选取的景观指标。

2.2 景观格局指数筛选

景观格局指数以高度浓缩信息量来反映景观格局信息,同时也反映景观结构组成、景观格局和空间配置的静态量化指标,因此,定量地分析景观格局是景观生态学的一个核心研究内容^[13]。综合考虑研究区域的栖息地特点和各景观格局指数所代表的生态学意义。本文筛选某一类型景观的面积(CA)、斑块所占景观面积的比例(PLAND)、斑块密度指数(Density of Patches, PD)、最大斑块所占景观面积的比例(Largest Patch Index, LPI)、香农多样性指数(Shannon's Diversity Index, SHDI)、香农均匀度指数(Shannon's Evenness Index, SHEI)、聚集度指数(Aggregation Index, AI)7 个指标作为研究鹤类栖息地的指标因子。其中,某一类型景观的面积(CA)指某一斑块类型中所有斑块的面积之和。斑块所占景观面积的比例(PLAND)计算的是某一斑块类型占整个景观的面积的比例。斑块密度指数(Density of Patches, PD)反映 100hm² 面积里的斑块数量。最大斑块所占景观面积的比例(Largest Patch Index, LPI)指斑块类型中最大斑块的面积与总景观面积的百分比。香农多样性指数(Shannon's Diversity Index, SHDI)指各斑块类型的面积乘以其自然对数之后的数值,反映景观的多少和各景观要素所占比例的变化。香

农均匀度指数(Shannon’ s Evenness Index, SHEI)等于香农多样性指数除以给定景观丰度下的最大可能多样性。聚集度指数(Aggregation Index, AI)当景观斑块聚合为一个单独、结构紧凑的斑块时, 数值为 100; 当同类型斑块最大程度离散分布时, 聚集度为 0^[14, 15]。

2.3 越冬鹤类生境影响因子

野生动物的生存条件决定了生境因子一般是光、湿度、温度、植被类型和食物数量等基本满足生存的因子^[16]。升金湖湿地保护区内, 以鹤类(白头鹤等)为目标种, 参考有关文献, 参照专家打分, 进行模型研究, 所选用的生境要素包括干扰程度、食物丰富度、植物覆盖适宜度、水文条件、空间格局、繁殖的最佳面积和土地利用类型, 为保护区生境适宜性评价和管理提供相关信息^[17]。在本文研究中将干扰程度, 食物丰富度, 植被覆盖和水文条件 4 种因子作为影响越冬鹤类生境的主要因子。

2.3.1 人为干扰因子

随着经济的发展, 人口的增加, 人类活动对湿地的影响正在加剧, 人类活动成为升金湖湿地保护区生境退化和破碎化的主要影响因素。越冬鹤类在选择栖息地时, 往往远离人口密集的城镇, 尽量远离居住区和道路。通过实地观察, 发现越冬鹤类的栖息地选择的位置多距离人类活动区 300~500m 以上。所以, 根据越冬鹤类的行为习惯将升金湖湿地的干扰等级分为 5 个等级(表 1)。

表 1 人类活动对越冬鹤类栖息地的干扰等级

编号	分级	特征描述
1	无干扰	无人类活动
2	轻度干扰	人类较少活动
3	中度干扰	有少量人类活动
4	较强干扰	农业生产集约化区域
5	强干扰	人类多动密集区域

2.3.2 食物条件

根据实验观察, 升金湖越冬鹤类水鸟的主要觅食点在浅水区和芦苇沼泽去, 所以按照越冬鹤类的觅食区域将栖息地的食物条件分为丰富、较丰富、一般丰富、较贫乏和贫乏 5 个等级(表 2)。

表 2 越冬鹤类栖息地食物条件分级

编号	分级	景观类型
1	丰富	浅水区, 芦苇沼泽地
2	较丰富	泥滩地, 草滩地
3	一般丰富	旱地, 水田
4	较贫乏	深水区
5	贫乏	建筑用地

2.3.3 植被覆盖

植被覆盖类型为鹤类提供了食物和休憩场所，对越冬鹤类的生存起了至关重要的作用。根据植被覆盖的类型，高度和密度的高低将栖息地的适应性分为适宜、较适宜、一般适宜、较不适宜和不适宜 5 个等级(表 3)。

表 3 越冬鹤类栖息地植被覆盖度分级

编号	分级	特征描述
1	适宜	类型、高度、密度适宜：芦苇地，乔木林
2	较适宜	类型、高度、密度较适宜：灌木林，耕地
3	一般适宜	类型、高度、密度一般适宜：高覆盖的草滩
4	较不适宜	类型、高度、密度较不适宜：低覆盖的草滩
5	不适宜	类型、高度、密度不适宜：裸地

2.3.4 水文条件

水资源是越冬鹤类繁殖生境的一个重要组成部分。越冬鹤类筑巢一般在水深 10~30cm，水面面积在 1~25cm²和面积不超过 25m²的浅水水面之间。因此，将升金湖湿地的水分条件分为浅水区、深水区、湿润区、较湿润区和干燥区 5 个级别(表 4)。

表 4 越冬鹤类栖息地水分条件分级

编号	分级	特征描述
1	浅水区	水深<10 m
2	深水区	常年积水，水深> 10 m
3	湿润区	常年湿润，但无明显积水
4	较湿润区	水田，间歇性积水
5	干燥区	表面干燥，表土含水量小于 10%

2.4 越冬鹤类生境适宜性评价模型

参考贾久满等^[18~20]有关湿地生物多样性指标评价以及吴昊对洞庭湖湿地生态系统特征与水禽生境适宜性评价研究中有关生境适宜性模型的选取。根据越冬鹤类的习性分析，构建生境适宜性模型。

越冬鹤类栖息地的选择主要受干扰程度、食物丰富度、植被覆盖和水文条件 4 个主要的因子影响，但是每个因子对鹤类栖息地的选择影响权重不同，根据各个因子对鹤类栖息地的贡献值来确定权重，衡量每个因子对鹤类栖息地选择的重要性(表 5)。

表 5 鹤类栖息地选择的因子和权重

指标因子	1	0. 8	0. 6	0. 3	0
人为干扰	无干扰	轻度干扰	中度干扰	较强干扰	强干扰
食物条件	丰富	较丰富	一般丰富	较贫乏	贫乏
植被覆盖	适宜	较适宜	一般适宜	较不适宜	不适宜
水分条件	浅水区	深水区	湿润区	较湿润区	干燥区

根据干扰程度，食物丰富度，植被覆盖和水文条件生成越冬鹤类生境评价指数 HSI (Habitat suitability Index):

$$HSI = \sum_{i=1}^n h_i W_i$$

式中:HSI 为升金湖越冬鹤类生境适宜性指数; hi 为第 i 个指标的生境因子指标值; wi 为第 i 个环境因子的权重; n 表示影响越冬鹤类生境质量的因子总数^[15]。

3 结果与讨论

3.1 景观格局变化

1986~2015 年这 30a 间，升金湖湿地景观类型和面积变化见表 6。30a 来，升金湖湿地的景观类型发生了显著的变化。1986 年旱地、林地和水域是主要的景观类型，其总面积占比为 65.14%。到 2015 年时泥滩地、草滩地、水域和旱地成为主要的景观类型。1986~2000 年间，水域的总面积有轻微的波动，但总体趋势持平。水田的总面积在逐渐上升，林地和芦苇滩地的面积明显下降，泥滩地和草滩地的面积波动式上升，到 2015 年两者的斑块占总面积的比例达到 30%以上。对鹤类栖息地干扰程度最大的是建设用地，其面积在 1986~2015 年逐渐增加，2015 年时其斑块面积所占比达到 10%。

表 6 升金湖自然湿地景观类型面积统计

景观类型	1986 年		1990 年		1995 年		2000 年	
	CA	PLAND	CA	PLAND	CA	PLAND	CA	PLAND
	(hm ²)	(%)	(hm ²)	(%)	(hm ²)	(%)	(hm ²)	(%)
水域	5 356.21	16.07	6 493.95	19.48	7 797.78	23.39	8 454.5325	25.36

水田	1 519.02	4.56	3 610.35	10.83	2 896.74	8.69	2 915.505	8.74
林地	6 163.64	18.49	6 615.63	19.84	4 085.10	12.25	5 688.7425	17.06
芦苇滩地	3 310.70	9.93	1 299.24	3.90	1 163.79	3.49	1 958.4	5.87
旱地	10 195.74	30.58	10 002.70	30.00	12 863.79	38.58	7 836.795	23.51
泥滩地	2 668.95	8.01	2 184.06	6.55	1 008.99	3.03	699.5475	2.10
草滩地	2 983.78	8.95	1 950.03	5.85	2 243.16	6.73	4 118.58	12.35
建设用地	1 141.96	3.43	1 184.04	3.55	1 280.65	3.84	1 667.8975	5.00
	2004 年		2008 年		2011 年		2015 年	
景观类型	CA	PLAND	CA	PLAND	CA	PLAND	CA	PLAND
	(hm ²)	(%)	(hm ²)	(%)	(hm ²)	(%)	(hm ²)	(%)
水域	7 216.65	21.65	8 592.26	24.77	9 202.16	27.60	5 946.17	17.83
水田	3 547.62	10.64	3 525.23	10.57	2 003.85	6.01	3 186.00	9.56
林地	2 231.37	6.69	3 338.37	10.01	4 286.52	12.86	3 089.88	9.27
芦苇滩地	1 213.47	3.64	1 073.97	3.22	1 753.53	5.26	415.08	1.24
旱地	5 506.92	16.52	5 932.40	17.79	5 875.92	17.62	4 782.90	14.35
泥滩地	5 102.91	15.31	1 990.89	5.97	2 075.58	6.23	6 585.48	19.75
草滩地	6 223.41	18.67	5 872.68	17.61	5 531.85	16.59	5 825.07	17.47
建设用地	2 297.65	6.89	3 014.20	9.04	2 610.59	7.83	3 509.42	10.53

总体来说，升金湖湿地景观类型中，自然湿地类型(芦苇滩地，林地，水域)总体趋势下降，受人类活动干扰较大的景观类型旱地，建筑用地在逐步上升。

从 1986~2015 年，景观密度 PD 先增加，到 2011 年后斑块密度减少，人类活动降低，对保护区保护行动加强。1986~1990

年香农多样性指数 SHDI 值小幅度上升，景观变化不大，1990~1995 年 SHDI 值下降，景观差异减少。1995~2004 年，香农多样性指数 SHDI 值和香农均匀度指数 SHEI 值增加，景观差异变大，2004~2011 年 SHDI 值和 SHEI 值下降，2015 年 SHDI 值又加大。保护区建区开始耕地为主要土地类型，1995 年耕地面积最多，景观差异越大，随着耕地面积的转化，保护区景观均匀性增加，斑块面积之间的差异变小，SHDI 值和 SHEI 值增加，2015 年水域面积减少，泥滩地面积增大，旱地面积变小，建设用地面积增大，保护区各景观斑块差异小，多样性指数和均匀度指数变大。聚集度指数 AI 值 1995~2000 年最高，数值在 80 以上，为研究期间景观较为完整的，2000 年后鸟类栖息地景观的破碎化程度在加剧，斑块团聚程度降低，2008 年聚集程度最低为 74.227，升金湖湿地景观斑块类型更加多样化，2011 年 AI 值有所增加，湿地景观得到改善，2015 年 AI 值下降，AI 值的变化表明升金湖湿地景观中各斑块类型较不均匀，湿地景观处于不稳定的状态。

表 7 升金湖自然湿地 1986~2015 年景观指数

年份 \ 指数	PD	LPI	SHDI	SHEI	AI
1986	0.52	15.652	0.81	0.925	77.215
1990	0.662	16.334	0.816	0.932	77.247
1995	0.487	24.857	0.75	0.857	84.971
2000	0.653	11.013	0.809	0.924	81.527
2004	0.606	9.1	0.838	0.958	75.334
2008	0.693	19.816	0.829	0.948	74.227
2011	0.647	23.055	0.812	0.928	77.208
2015	0.601	13.83	0.848	0.969	76.361

注：PD 表示斑块密度指数；LPI 表示最大斑块所占景观面积的比例；SHDI 表示香农多样性指数；SHEI 表示香农均匀度数；AI 表示聚集度指数。

3.2 越冬鹤类生境适宜性评价

用 Arc GIS 软件，利用道路、水文、植被覆盖度和景观格局数据做缓冲区分析和叠加分析，结合计算的 8 个时期的生境质量指数，将越冬鹤类的生境质量分为适宜区域 ($0.9 < HSI < 1$)，次适宜区域 ($0.7 < HSI < 0.9$)，一般适宜区域 ($0.5 < HSI < 0.7$)，次不适宜区域 ($0.3 < HSI < 0.5$)，不适宜区域 ($0 < HSI < 0.3$) 5 个等级，生成生境适宜性评价结果图。利用统计分析工具计算出每个等级的面积及所占比例。

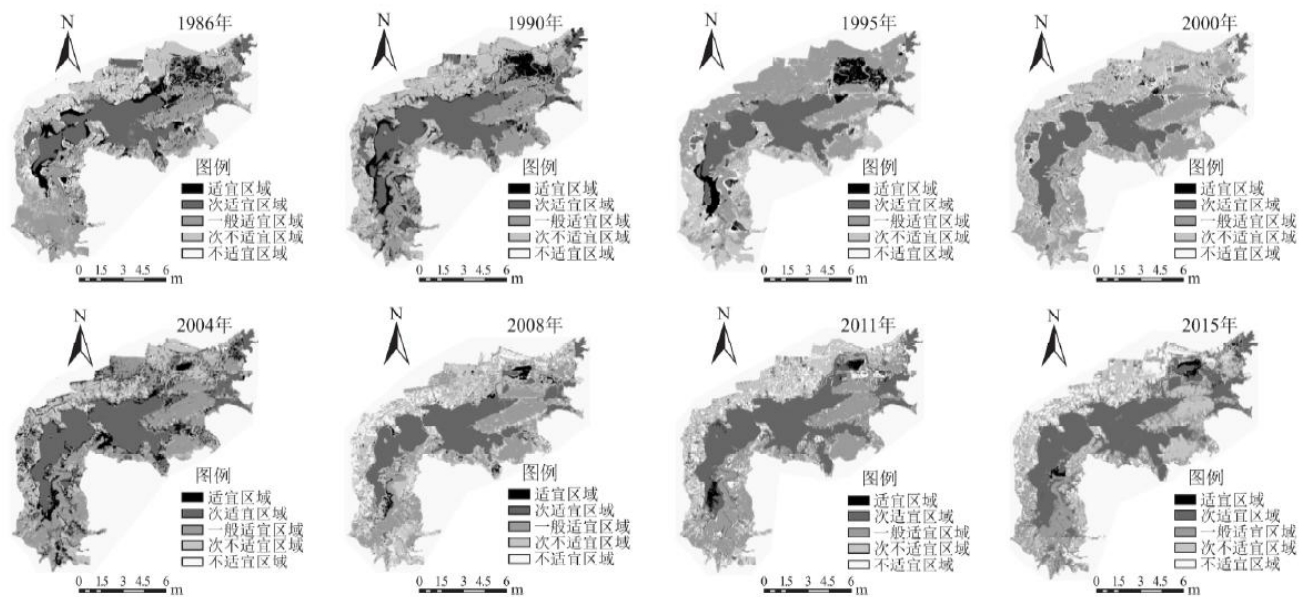


图 1 升金湖越冬鹤类生境适宜性评价图 1986~2015 年 (从左到右)

Fig. 1 Habitat suitability evaluation map for cranes wintering in Shengjin Lake from 1986 to 2015 (from left to right)

经计算得出升金湖湿地保护区内鹤类生境适宜性评价指数从 1986~2015 年分别为:0.845, 0.83, 0.77, 0.63, 0.77, 0.63, 0.51, 0.465。

由表 8 得出, 1986~2015 年间升金湖湿地的鹤类生境适宜性区域在逐渐减少, 从 1986 年占比是 12.72% 缩减到 2015 年占比只有 1.26%。其中 2004 年有小幅上涨。次适宜性区域从 1986 年占比 29.47% 下降到 2015 年占比 21.8%。一般适宜性区域的面积有轻微波动, 稳定在占比 30% 左右。次不适宜性区域从 1986 年 22.65% 上涨到 2015 年的 31.95%。不适宜性区域从 1986 年的 7.74% 上涨到 2015 年的 14.29%。总体来看, 越冬鹤类的适宜性区域在逐渐向不适宜性区域转换。鹤类的生境质量越来越差。人类活动的干扰对鹤类的生境适应性的影响越来越大。

表 8 升金湖湿地鹤类栖息地生境评价 (1986~2015 年)

年份		适宜区域	次适宜区域	一般适宜区域	次不适宜区域	不适宜区域
1986	面积 (hm ²)	4 092.01	9 485.1	8 824.28	7 289.555	2 491.12
	占比 (%)	12.72	29.47	27.42	22.65	7.74
1990	面积 (hm ²)	3 266.67	10 112.56	8 587.57	9 095.72	1 118.72
	占比 (%)	10.15	31.42	26.69	28.26	3.48
1995	面积 (hm ²)	2 164.27	8 802.35	9 298.57	8 986.23	2 932.6
	占比 (%)	6.73	27.35	28.89	27.92	9.11

2000	面积 (hm ²)	1 686.70	8 463.70	9 865.77	8 969.88	3 195.56
	占比 (%)	5.24	26.30	30.66	27.87	9.93
2004	面积 (hm ²)	2 025.53	7 222.27	10 081.52	9 274.89	3 128.03
	占比 (、%)	6.38	22.76	31.77	29.23	9.86
2008	面积 (hm ²)	1 202.95	8 086.76	9 229.48	9 164.14	4 497.49
	占比 (%)	3.73	25.13	28.68	28.48	13.98
2011	面积 (hm ²)	394.98	7 971.89	9 856.16	9 900.44	4 056.43
	占比 (%)	1.23	24.77	30.62	30.77	12.61
2015	面积 (hm ²)	403.92	7 020.5	9 878.32	10 279.82	4 598.0
	占比 (%)	1.26	21.8	30.7	31.95	14.29

3.3 越冬鹤类数量对生境适宜性的响应

经调查升金湖湿越冬水鸟有 66 种，其中越冬鹤类的种类有 4 种，分别是白头鹤，白鹤，灰鹤和白枕鹤。其中白头鹤和白鹤为国家一级保护动物，白枕鹤为国家二级保护动物。数据采用全湖水鸟数量调查和定点记数法相结合，在水鸟越冬初期、越冬中期及越冬后期，根据越冬水鸟在升金湖上湖、中湖、下湖的主要越冬停歇区域，用 13×50 倍双筒望远镜监测、记录水鸟的种类、数量、地点及当时生境情况。从数量来看升金湖的鹤类主要以白头鹤和白枕鹤为主。如图 2，1986~2015 年 30a 来，越冬鹤类的总量在逐渐下降，并且 2013~2015 年间未观测到白枕鹤、白鹤及灰鹤的踪迹。保护区内湿地的生境适宜性变化影响了越冬鹤类的数量变化，从总体上趋势来分析，生境适宜性程度在逐渐下降，鹤类的总量也在逐渐下降。

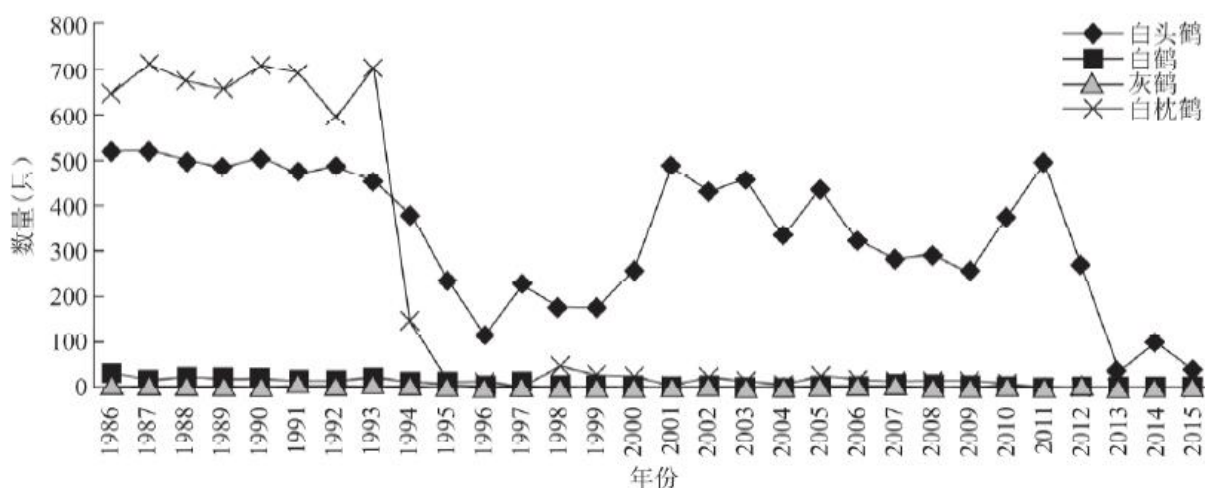


图2 1986~2015年越冬鹤类数量变化图

Fig. 2 Map of winter cranes quantity change from 1986 to 2015

应用皮尔逊相关分析对越冬鹤类数量变化与生境适宜性区域变化之间的相关性进行研究,得出:白头鹤、白鹤、灰鹤、白枕鹤与适宜性区域和次适宜性区域均呈正相关,相关系数分别为:0.566、0.839、0.838、0.842和0.647、0.836、0.607、0.834;即当适宜性区域和次适宜性区域面积变化时,4种鹤类数量也会出现相应变化。而4种鹤类与一般适宜性区域、次不适宜性区域、不适宜性区域则呈负相关,相关系数分别为:−0.514、−0.893、−0.598、−0.845;−0.524、−0.844、−0.798、−0.634和−0.588、−0.663、−0.624、−0.799;即当般适宜性区域、次不适宜性区域、不适宜性区域面积发生变化时,4种鹤类数量出现相反变化。

3.4 讨论

根据每年冬季的野外调查,以及升金湖保护区管理部门提供的数据可以了解到,在升金湖自然保护区内,鹤类一般会选择在有浅水的洼地、芦苇和环境安静的水产养殖塘等地方栖息,这些地方不仅能够为鹤类提供丰富的食物来源,而且周围都会有稀疏的芦苇灌丛和其它能够为鹤类提供隐蔽遮挡的物体^[21]。升金湖有4种越冬鹤类,主要栖息地为泥滩地,芦苇滩地和草滩地,在这些地区生长着苦草、马来眼子菜等水生草本植物,鹤类以这些天然植物的地下茎和水中的软体动物为食^[22]。通过对升金湖湿地的景观格局结果和鹤类生境分析,发现:湿地斑块数量增加,景观的破碎度程度增加,越冬鹤类的生境受到的很大的影响,越冬鹤类的生境适宜性面积从1986年的13577.11hm²下降到2015年的7424.42hm²直接导致越冬鹤类数量在1986~2015年间急剧下降。

升金湖自然湿地在1986~1993年间鹤类数量保持相对稳定;1994~1999年间鹤类急剧减少;2000~2011年间鹤类数量均有小幅回升,但是远未达到建区伊始时的状态;2012~2015年间未观察到白枕鹤、白鹤和灰鹤的踪迹,而数量最多的白头鹤,也仅40只。4种鹤类数量呈减少趋势,近年,白枕鹤、白鹤、灰鹤在升金湖几乎灭绝,形势堪忧。芦苇滩地、泥滩地、草滩地的变化对鹤类数量的变化影响显著,自建区以来芦苇滩地整体面积下降,草滩地面积先减少后增加最后面积保持相对稳定,泥滩地受自然降水影响面积变化较大,人为控制小,管理部门应重视芦苇滩地的种植保护。鹤类数量受自然降雨、温度影响较大,这些因素人为很难控制;另一方面,鹤类数量受人口、农药化肥施用量影响关联较大,可控制人口的迁入,农作过程中科学种植,控制化肥、农药等的乱用、滥用等。

4 结论

本文通过 1986 年到 2015 年的 8 期影像数据研究升金湖湿地的鹤类生境变化。得出以下结论：

(1) 根据影像解译将升金湖湿地分为 8 个景观类型，选取相应的景观格局指数研究景观类型的变化，结果表明，升金湖湿地斑块数量增加，景观的破碎度程度增加，湿地生态的片段化现象严重。

(2) 根据升金湖湿地现状选取干扰程度，食物丰富度，植被覆盖和水文条件 4 种因子作为衡量越冬鹤类栖息地适宜性的 4 个影响因子。通过 HIS 模型计算鹤类的生境适宜性指数，越冬鹤类的生境适宜性综合指数从 0.845 下降到 0.465，鹤类的总体生境明显恶化。其中，芦苇滩地，泥滩地和草滩地这 3 种景观类型对鹤类适宜性的影响最大。

(3) 利用皮尔逊相关分析得出鹤类的数量与适宜性区域和次适宜性区域的成正相关，当适宜性区域和次适宜性区域的面积变小时，鹤类的数量会相应的减少。鹤类的数量与不适宜性区域成正相关，当不适宜性区域面积增加时，鹤类的数量会发生相应的变化。

参考文献:

[1] AUSSEIL A E, DYMOND J R, SHEPHERD J D. Rapid mapping and prioritization of wetland sites in the Manawa-Wanganui Region, New Zealand [J]. Environmental Management, 2007, 39(3) : 316—325.

[2] 邹业爱. 崇明东滩水鸟群落对生境变化及湿地修复的响应 [D]. 华东师范大学, 2014. .

ZHOU A Y. Water bird community response to habitat changes and wetland restoration strategies in the chongming Dongtan wetlands, China [D] east China Normal University, 2014 .

[3] 刘静. 安徽升金湖国家级自然保护区豆雁的越冬食性和行为研究 [D]. 中国科学技术大学, 2011. .

LIU J. Diet and activities of wintering tundra bean geese anser fabalis serrirostris at Shenjin Lake, NNR, Anhui province. [D]. University of science and technology of China, 2011.

[4] JAMES HARRIS, Claire MIRANDE. A global overview of cranes: status, threats and conservation priorities [J]. Chinese Birds, 2013, 03: 189—209.

[5] NA X D, ZANG S, ZHANG Y H, et al. Assessing breeding habitat suitability for the Endangered red-Crowned Crane (*Grus japonensis*) based on multi-source remote sensing data [J]. Wetlands, 2015, 35(5) : 955—967.

[6] JONES K L, HENKEL J R, HOWARD J J, et al. Isolation and characterization of 14 polymorphic microsatellite DNA loci for the endangered Whooping Crane (*Grus americana*) and their applicability to other crane species [J]. Conservation Genetics Resources, 2010, 2(1) : 251—254.

[7] CURRO T G, LANGENBERG J A, DEAKIN L. Radiographic analysis of the development of the pelvic limb of captive-reared cranes (*Grus* spp.) [J]. Zoo Biology, 2015, 15(2) : 143—157.

[8] 李鑫, 董斌. 基于 TM 像元的湿地土地利用生态风险评价研究 [J]. 水土保持研究, 2014, 21(4) 114—118. .

LI X, DONG B. Study on ecological risk assessment of Shengjing Lake Wetland Land Use Based on TM Image Pixels [J] research of soil and water conservation, 2014.

[9] 汪庆, 董斌. 基于 TM 影像的升金湖湿地生态安全研究 [J] 水土保持通报, 2015.

WANG Q, DONG B. Research on wetland ecological security of Shengjin Lake Based on TM Images [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2015

[10] 徐文彬, 程元启, 安徽升金湖越冬水鸟及生境管理研究初探 [J]. 池州师专学报, 2005.

XU W B, CHENG Y Q. Preliminary study on Wintering water birds and habitat management in Shengjin Lake, Anhui [J] Journal of Chizhou Teachers college, 2005.

[11] 江红星, 徐文彬, 钱法文, 楚国忠. 栖息地演变与人为干扰对升金湖越冬水鸟的影响 [J]. 应用生态学报, 2007.

JIANG H X, XU W B, et al. Impact of habitat evolution and human disturbance on wintering water bird in Shengjin Lake of Anhui Province, China [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2007.

[12] 升金湖国家级自然保护区简介. 安徽林业科技, 2004, 1: 45.

[13] 蔡崇玺, 陈燕. 生态安全的研究进展与展望 [J]. 环境科学与管理, 2010, 35(2) ; 126—129.

CAI C X, CHEN Y. Research and prospects of the ecological security [J]. Environmental Science and Management. 2010, 35(2) ; 126—129.

[14] 魏莲, 刘学录. 基于 GIS 和 DEM 的土地利用空间格局分析——以兰州市为例 [J]. 干旱区资源与环境, 2014, 28(4) : 54—59.

WEI L, LIU X L. Spatial pattern of land use in Lanzhou city based on GIS [J]. Journal of Arid land resources and environment, 2014, 28(4) : 54—59.

[15] 邵怀勇, 仙巍, 杨武年, 等. 三峡水库建设前后 10 年库区景观空间格局动态变化研究——以重庆开县为例 [J]. 测绘科学, 2008, 33(6) : 176—178.

SHAO H Y, XIAN W, YANG W N, et al. Research on dynamic change of landscape spatial pattern before and after the construction of three gorges reservoir with 10 years—A case study of Kaixian county in Chongqing [J]. Science of Surveying and Mapping, 2008, 33(6) : 176—178. .

[16] 张曼胤, 江苏盐城滨海湿地景观变化及其对丹顶鹤生境的影响 [D]. 东北师范大学, 2008.

ZHANG M Y. Landscape change and its dynamic impacts on the habitat of Red-crowned Crane (*Grus japonensis*) in Yangcheng Coastal Wetland, Jiangsu Province [D]. Northeast Normal University, 2008.

[17] 于成龙. 兴凯湖国家级自然保护区水鸟生境时空格局变化研究 [D]. 东北林业大学, 2010. .

YU C L. A research on landscape spatial-temporal changes of waterfowl habitat in xingkai lake national nature reserve [D]. Northeast Forestry University, 2010.

[18] 贾久满, 赫晓辉, 湿地生物多样性评价指标. 湖北农业科学 [J], 湖北农业科学, 2010, 49(8) : 1877—80.

JIA J M, HE X H. Study on index evaluation system of wetland biodiversity [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2010, 49(8) :1877—80.

[19] 吴昊, 洞庭湖湿地生态系统特征与水禽生境适宜性评价研究 [D]. 湖南师范大学, 2010.

Wu H D, Assessment of wetland ecosystem characters and waterfowl habitat suitability in Dongting Lake [D]. Hunan Normal University, 2010.

[20] 王丽. 近 20 年来纳帕海湿地景观格局变化及其对黑颈鹤生境质量的影响研究 [D]. 云南大学, 2015.

WANG L. Landscape dynamics and its' impacts on the habitat of black-necked crane in napa wetland in the last two decades [D]. Yunnan university, 2015.

[21] 杨李, 董斌, 汪庆, 等. 安徽升金湖国家级自然保护区水鸟生境适宜性变化 [J]. 湖泊科学, 2015, 27(06)1027—1034.

YANG L, DONG B, WANG Q, et al. Habitat suitability change of water birds in Shengjinhua national nature reserve, Anhui Province [J] Lake Sciences, 2015, 27(06) 1027—1034.

[22] 国家林业局湿地保护管理中心. 中国湿地 [EB /OL]. <http://www.shidi.org/>.