

升金湖湿地景观格局变化对 越冬鹤类地理分布的影响¹

张双双¹, 董斌^{1,2*}, 杨斐¹, 徐文瑞¹, 崔杨林¹, 冯丽丽¹, 陈凌娜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】: 升金湖湿地是安徽省内的唯一以越冬鹤类为保护对象的国家级自然保护区。研究湿地景观格局变化对越冬鹤类地理分布的影响在恢复湿地生态系统、保护鹤类种群等方面具有重要参考价值。该文对升金湖湿地的白头鹤、白鹤、灰鹤及白枕鹤越冬鹤类的地理分布特征进行了分析, 结合升金湖湿地 1986~2017 年间的 8 期遥感影像分析景观格局变化特征, 并探讨了景观格局变化对越冬鹤类地理分布特征的影响。结果表明: 1986~2017 年间, 升金湖湿地景观格局变化显著, 斑块数量增加, 景观破碎化严重。泥滩地、草滩地、建设用地、水田面积总体呈增加态势, 旱地、林地、芦苇滩地及水域面积总体呈减少态势; 4 种鹤类数量总体呈减少趋势。鹤类主要地理分布区域为水域、水田、芦苇滩地、泥滩地及草滩地; 升金湖湿地景观破碎化不断加剧, 鹤类地理分布区域面积整体呈在逐渐减少, 适宜鹤类生境面积减少, 直接导致近 30 年来鹤类数量逐渐减少。

【关键词】: 鹤类; 景观格局; 地理分布; 升金湖

【中图分类号】: Q958 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1004-8227(2019)10-2461-10

DOI: 10. 11870/cjlyzyyhj201910018

景观格局, 一般是指景观组成部分的类型、数量及其空间分布特征, 是一定社会形态下的人类活动与经济发展状况的重要反映^[1]。以景观几何特征为基础的景观格局指数可以较好地反映景观格局变化^[2]。升金湖湿地作为国家级自然湿地, 是白头鹤 (*Grus monica*)、白鹤 (*Grus leucogeranus*)、白枕鹤 (*Grus vipio*)、灰鹤 (*Grus grus*) 4 种鹤类的越冬地之一。近年来的研究表明, 人类活动加强、经济快速发展和不合理土地利用方式, 对原生态环境破坏越来越严重, 自然湿地景观格局变化显著, 景观破碎化严重, 可供水鸟生存的湿地面积越来越少, 导致动物的数量及其地理分布区域面积下降明显^[3]。鸟类极具敏感性, 对栖息地状况变化能够做出相应反应^[4]。国际上多数国家将鹤类保护和研究纳入重要位置, 并成立专门研究机构, 使用先进的遥感技术研究本国鹤类; 例如, 对鹤类的栖息地研究主要是探讨鹤类繁殖、迁徙过程中生态环境的变化, 对鹤类行为学主要是研究在繁殖期和越冬期不同的行为特征^[5-6]。中国学者于 20 世纪 80 年代开始全国性的水鸟调查, 以更好记录鹤类在中国的分布状

¹收稿日期: 2019-01-23; 修回日期: 2019-04-08

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41571101); 安徽省智慧城市与地理国情监测重点实验室项目 (2016-K-04Z); 高等学校安徽省质量工程重点项目 (2017jyxm1247); 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: 张双双 (1992~), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为土地信息技术及管理. E-mail: zss920821@sina.com

*** 通讯作者** E-mail: dbhyl23@sina.com

况及生存环境；研究内容主要集中在水鸟种群特征及数量变化^[7]、水鸟生境选择及其变化^[8]、珍稀物种的地理分布格局及保护^[9]等；也有一些包括影响湿地水鸟种类及数量变化的因素，如湿地面积变化或鸟类生境适宜性^[10, 11]、湿地景观变化或生境破碎化^[12]等。

升金湖湿地为鹤类提供了筑巢条件和觅食资境，因而吸引了大量鹤类来此越冬^[13]。但近年来，由于经济发展、人口增长、人类活动频繁，升金湖湿地不合理土地利用方式，导致生态系统压力增大，鹤类适宜生态环境破坏，鹤类数量减少。因此，本研究运用遥感和 GIS 技术，量化升金湖湿地景观格局变化与鹤类地理分布特征，并分析鹤类地理分布对景观格局变化的响应，以期为促进升金湖保护区可持续发展、土地利用合理布局和栖息地生态环境科学管理提供决策依据。

1 研究区概况

升金湖国家级自然保护区地处安徽省西南部的长江中下游池州市境内，位于 116° 55' ~117° 15' E, 30° 15' ~30° 30' N, 处中纬度地带，总面积为 33 340 hm²。属于亚热带季风气候区，四季分明、光照充足，雨量充沛^[14]。全区分为核心区、缓冲区和实验区，核心区即升金湖，位于保护区的中心区域，由湖面和湖滩组成。其中湖面分为三部分，分别为上湖、中湖和下湖^[15]。升金湖位于东亚澳大利西亚迁徙路线，迁徙水鸟每年 10 月初迁至升金湖，翌年 4 月中旬迁离。作为安徽省内以越冬珍稀水鸟为主要保护对象的国家级自然湿地，据调查，每年在升金湖越冬的水鸟约有 10 万只左右，大约占长江中下游流域越冬珍稀水鸟总数的 5%~10%^[16]。区内越冬鹤类有白鹤、白枕鹤、灰鹤、白头鹤 4 种，对升金湖湿地景观格局变化及越冬鹤类地理分布特征进行研究，可以更好的保护湿地内鹤类的生境。

2 数据处理与研究方法

2.1 数据选取与处理

本文选取升金湖自然湿地 1986, 1990, 1995, 2000, 2004, 2008, 2011 和 2017 年共 8 期同时相的 TM 遥感影像，运用 ERDAS 软件对遥感影像进行预处理，包括：结合本研究需要和研究区的地物特征，根据 TM 波段特征和功能用途，2017 年选取 Band5、4、3 三个波段进行组合，其他年份选取 Band4、3、2 三个波段进行组合；采用 WGS_1984_UTM 坐标参考，选取道路交叉口、地物拐点等较明显标志作为控制点，对 8 期影像进行几何校正；选取研究区矢量边界进行图像裁剪等。结合升金湖湿地实际情况及参考相关湿地的土地利用景观分类文献，利用监督分类与目视解译相结合的方法，将土地景观类型划分为建设用、林地、水域、水田、旱地、芦苇滩地、草滩地、泥滩地。分类后进行结果检验，分类的平均总体精度为 90.19%，平均 Kappa 系数为 0.89(表 1)，分类精度相对较高。

表 1 升金湖湿地土地景观分类精度

年份	总体精度 (%)	Kappa 系数
1986	89.35	0.876 8
1990	89.35	0.880 7
1995	90.87	0.896 8
2000	89.96	0.893 7
2004	90.31	0.899 7
2008	90.29	0.889 2
2011	90.64	0.901 8
2017	90.75	0.899 2

2.2 研究方法

2.2.1 景观格局指数选取

景观格局指数可以高度浓缩信息量来反映景观格局信息^[17]。景观指数分析法是从景观分析的角度，通过对景观格局指数的分析，反映景观结构组成和空间配置等方面的基本特征，是研究景观格局构成、特征最常用的静态定量分析方法^[18]。综合考虑研究区的地理概况和各景观格局指数所代表的生态学意义，本文筛选以下 6 个景观格局指数作为反映研究区景观格局的景观水平上的指标。分别是某一类型景观的面积 (CA)、斑块个数 (NP)、斑块密度 (PD)、最大斑块占景观面积比例 (LPI)、分裂度指数 (DIVISK)N)、聚集度指数 (AI)。

2.2 鹤类调查方法

本文选取 14 个升金湖湿地鹤类观测点，分别为：裕丰圩、龙家咀、张家店、檀村、同心圩、联合、烂稻陈、余干、白联圩、杨峨头、长坝、下毛咀、小岭、双合（图 1）。

于每年冬季（当年 12 月至次年 4 月）每月至少 1 次同步对升金湖的 14 个监测点的鹤类进行样线监测。监测日应尽量避免雾天和雨天，以减少极端天气造成的计数误差。调查中，14 个监测点均安排 2 名调查员，手持单筒或双筒望远镜，于同一时间出发，沿已设定的样线行走，以样线法和绝对数量统计法相结合并观察记录。调查内容包括：监测时间，生放气候，所见鹤类的种类、数量等。待鹤飞离后，采用 GPS 和卫星地图相结合确定当前地理位置，并记录其湿地景观类型。



2.2.3 皮尔逊相关性分析

根据提取的升金湖湿地 1986~2017 年的土地景观数据，以及获取的越冬期鹤类种类的数据，利用 SPSS 软件皮尔逊相关性分析工具，得出研究区土地景观面积与鹤类种群数量 Pearson 相关系数（表 4）。Pearson 相关系数越接近于 1，表明两个变量之间相关程度越高；若，表明两个变量之间呈完全正线性相关；，表明两个变量之间呈完全负线性相关。在 0.8~1.0 是极强相关；0.6

~0.8 是强相关; 0.4~0.6 是中等相关; 0.2~0.4 是弱相关; 0.0~0.2 则是极弱相关^[19]。

3 结果与分析

3.1 景观格局变化

由表 2 及图 2 可知, 升金湖湿地景观格局发生了显著变化。1986 年, 升金湖湿地以水域、林地及旱地为主要景观; 至 2017 年, 湿地景观则以水域、水田、旱地、泥滩地及草滩地为主。1986~2017 年, 景观面积呈增加态势的有: 泥滩地>草滩地>建设用地>水田, 分别增加了 4 929.01、2 875.21、2 350.43、1 757.45 hm²; 景观面积呈减少态势的有: 旱地>林地>芦苇滩地>水域, 分别减少了 5 538.63、4 065.05、1 898.93、409.49 hm²。水田面积 30 年间总体呈增长趋势, 1986 年仅 1 520.53 hm², 到 2017 年为 3 277.98hm², 增加近一倍。旱地面积呈现先增后减趋势, 下降趋势明显, 由 1986 年 10 198.16 hm², 增加到 1995 年 12 869.85 hm², 随后减少到 2017 年 4 659.53 hm²。与此同时, 芦苇滩地面积 30 年来变化较大, 由 1986 年 3 308.87 hm², 减少到 2017 年仅 1 409.94 hm²; 草滩地面积总体呈增加趋势, 由 1986 年仅 2 989.71 hm², 增加到 2017 年 5 864.92 hm²。芦苇滩地和草滩地变化与水位变化呈负相关, 水位下降, 芦苇滩地和草滩地面积则随之增加。建设用地面积显著增力口, 由 1986 年仅 1 142.45 hm², 增加到 2017 年 3 492.88 hm²。

表 2 升金湖湿地 1986~2017 年景观面积变化

景观类型	1986 年	1990 年	1995 年	2000 年	2004 年	2008 年	2011 年	2017 年
水域	5 355.41	6 492.75	7 801.41	8 446.98	7 251.45	8 591.02	9 203.18	4 945.92
水田	1 520.53	3 611.08	2 893.25	2 917.32	3 549.37	3 537.34	2 008.15	3 277.98
林地	6 163.52	617.61	4 078.53	5 683.39	2 229.87	3 324.15	4 280.51	2 098.47
芦苇滩地	3 308.87	1 301.45	1 162.73	1 960.01	1 214.09	1 081.04	1 763.86	1 409.94
旱地	10198.16	9 997.53	12 869.85	7 843.17	5 505.71	5 927.01	5 882.27	4 659.53
泥滩地	2 661.35	2 188.27	1 014.08	712.51	5 124.37	1 999.13	2 083.53	7 590.36
草滩地	2 989.71	1 958.25	2 225.59	4 113.27	6 225.97	5 869.26	5 525.36	5 864.92
建设用地	1 142.45	1 173.06	1 294.56	1 663.35	2 275.17	3 011.05	2 593.14	3 492.88

升金湖湿地 30 年来受人类活动和社会经济快速发展的影响, 占用湿地空间进行生产和城镇建设强度持续增强, 湿地斑块数量增加, 景观破碎化加剧, 升金湖湿地空间被占用也在逐渐显现。

由表 3 可知, 从景观水平上看, 1986~2017 年, 升金湖湿地景观格局发生了显著变化。斑块个数 NP 从 10 085 增加到 12 171, 斑块密度 PD 由 0.52 增加到 0.60, 说明人类对湿地的活动强度逐渐增强, 景观破碎化程度加剧。最大斑块指数 LPI 从 1986 年的 15.65 降低到 2017 年的 13.83, 表明升金湖湿地各景观的最大斑块占景观面积的比例值呈降低趋势, 即景观分离程度增强, 表明人类干扰度加剧, 破坏了景观间的均衡性。分裂度指数 DIVISION 由 1986 年的 0.83 上升到 2017 年的 0.90, 表明升金湖湿地由于受到建设用地增加导致其他景观斑块间的分离度增加。聚集度指数 AI 值从 1986 年的 77.22 降低到 2017 年的 76.36, 表明鹤类栖息地景观的破碎化程度在加剧, 斑块聚集程度降低, 2008 年聚集程度最低为 74.23, 升金湖湿地景观斑块类型更多样化, 2011 年聚集度指数 AI 有所增加, 湿地景观得到改善, 2017 年 AI 值下降, AI 值的变化表明升金湖湿地景观处于不稳定的状态。

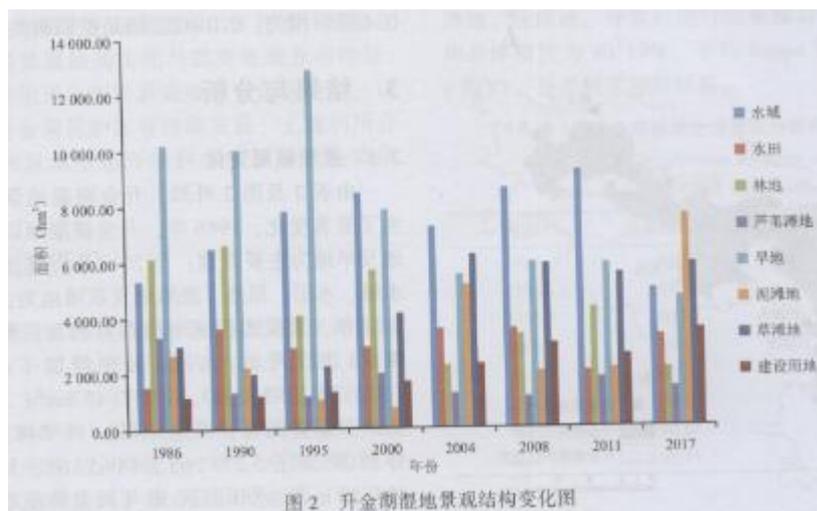


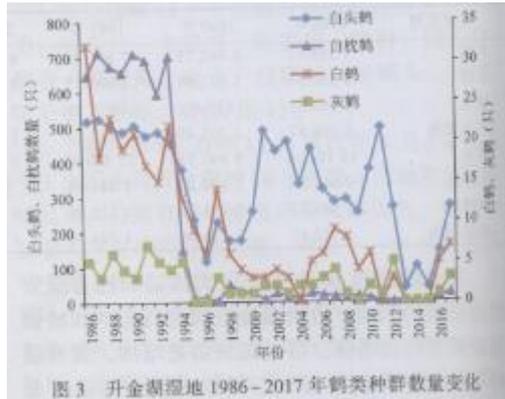
表 3 升金湖湿地 1986~2017 年景观指数

年份 \ 指数	NP	PD	LPI	DIVISION	AI
1986 年	10 085	0.52	15.65	0.83	77.22
1990 年	10 379	0.66	16.33	0.84	77.25
1995 年	10 613	0.49	24.86	0.85	84.97
2000 年	10 937	0.65	11.01	0.86	81.53
2004 年	8 451	0.61	9.10	0.81	75.33
2008 年	10 962	0.69	19.82	0.87	74.23
2011 年	11 668	0.64	23.06	0.88	77.21
2017 年	12 171	0.60	13.83	0.90	76.36

注:NP 表示斑块个数; PD 表示斑块密度; LPI 表示最大斑块占景观面积比例; DIVISION 表示分裂度指数; AI 表示聚集度指数.

3.2 越冬鹤类数量变化

通过统计 1986~2017 年升金湖湿地越冬鹤类数量, 变化趋势线结果如图 3, 其中白鹤、灰鹤数据采用次纵坐标, 数据表明: 自建区 30 年来, 越冬鹤类数量整体呈下降趋势, 其中白枕鹤数量 1986~1993 年数变化不大, 1993 年后开始快速减少, 到 2017 年只有 27 只; 白鹤和灰鹤在升金湖湿地建区开始数量较少, 亦呈逐年递减趋势; 白头鹤是目前保护区内数量最多的鹤类, 越冬白头鹤在 1986~1994 年、2000~2012 年数量普遍为 300~500 只, 约占中国白头鹤总数的 1/5。1995~1999 年、2013~2015 年白头鹤数量较少, 2017 年仅 259 只。总的来说, 1986~2017 年, 这 30 年升金湖湿地的越冬鹤类数量在逐渐下降, 总数从 1986 年的 1 199 只, 到 2017 年的 296 只。



3.3 越冬鹤类与栖息地类型相关性分析

结合相关学者研究成果，根据越冬期实地调查，并由保护区管理局提供的数据，可知，升金湖湿地越冬鹤类主要栖息地类型为湖边泥滩地、芦苇沼泽、草滩地、水田及浅水区^[20]。通过 SPSS 软件对已知 1986-2017 年的鹤类数量和 5 种栖息地面积进行皮尔逊相关性分析（表 4）。

由表 4 知，4 种鹤类数量与水域、芦苇滩地面积之间均呈正相关，表明鹤类数量随着水域、芦苇滩地面积的变化而出现相应变化。白头鹤数量与水域面积呈显著正相关。鹤类数量与水田、泥滩地、草滩地面积之间均呈负相关，表明鹤类数量随着水田、泥滩地和草滩地面积的变化而出现相反变化。由图 4 知，水域面积减少，导致地表裸露、泥滩地面积增加，而水生植物资源减少，鹤类取食资源减少；同时芦苇滩地被开垦为水田、旱地，造成芦苇滩地面积减少、水田面积增加，相应的适宜鹤类栖息地面积减少；增加的草滩地多为被荒废的旱地，但并不能很好为鹤类提供充分食物。整体上看，适宜鹤类生存环境减少，鹤类数量大量减少。

3.4 越冬鹤类地理分布特征

在升金湖鹤类监测过程中，调查数据表明鹤类一般活动区域为纪录点 100-200 m 范围。本文通过 GIS 软件对升金湖鹤类调查中鹤类地理分布的点状数据做 200 m 缓冲得出图 5 的鹤类地理分布区域。

由图 5 可以知，1986 年，升金湖湿地鹤类的分布区域较大，全湖都能够监测到鹤类的踪迹，且鹤类分布区域呈长条状；1986~1990 年，鹤类的分布区域有细微的变化，基本呈 3 个主要的长条状分布；1990~1995 年，鹤类的分布区域面积减少且开始破碎化；1995~2000 年，鹤类的分布区域总体面积明显减少且破碎化较 1990~1995 年严重；2000~2004 年，鹤类分布区域的面积继续在减少，且主要分布在上湖区和下湖区；2004~2008 年，鹤类地理分布区域斑块数增加明显，且面积减少；2008~2011 年，鹤类分布区域面积继续变小且斑块数减少明显；2011~2017 年，鹤类分布区域整体变化显著，斑块减少且下湖区面积明显变小。整体来说，1986 年鹤类的地理分布呈较宽条带状，且均匀分布于升金湖湿地的上湖区、中湖区和下湖区；2017 年鹤类地理分布区域面积显著减少，呈细小条带状分布，且主要分布于上湖区和下湖区。1986-2017 年间，鹤类的地理分布区域逐渐破碎化且面积逐渐减少。

表 4 鹤类数量与 5 种栖息地面积的相关性

	水域	水田	芦苇滩地	泥滩地	草滩地
Person correlation	0.166	-0.504	0.524	-0.106	-0.266
白头鹤 Sig(2-tailed)	0.694	0.203	0.183	0.802	0.524
N	8	8	8	8	8

	Person correlation	0.612	-0.376	0.629	-0.123	-0.661
白鹤	Sig(2 - tailed)	0.107	0.359	0.095	0.771	0.075
	N	8	8	8	8	8
	Person Correlation	0.824	-0.323	0.667	-0.422	-0.160
灰鹤	Sig(2-tailed)	0.012	0.435	0.071	0.298	0.704
	N	8	8	8	8	8
	Person Correlation	0.529	-0.231	0.510	-0.132	-0.668
白枕鹤	Sig(2-tailed)	0.177	0.581	0.197	0.756	0.07
	N	8	8	8	8	8

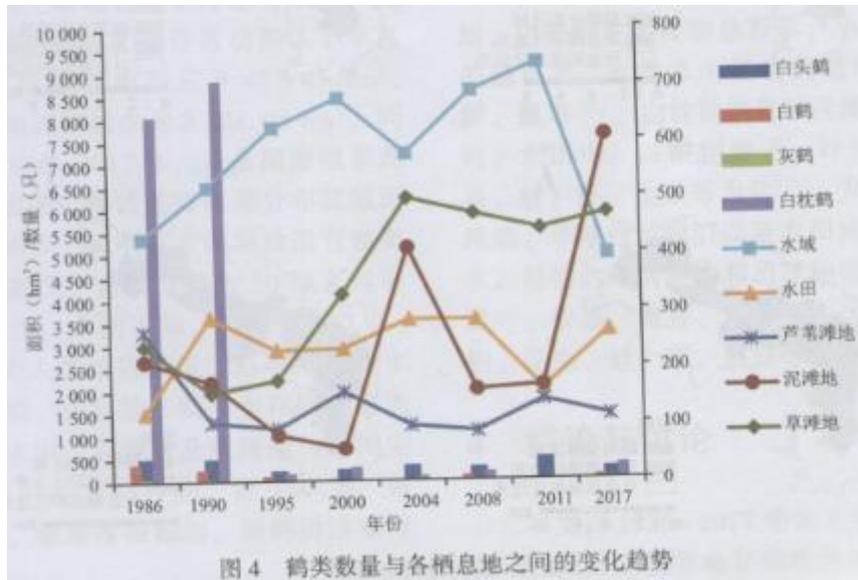
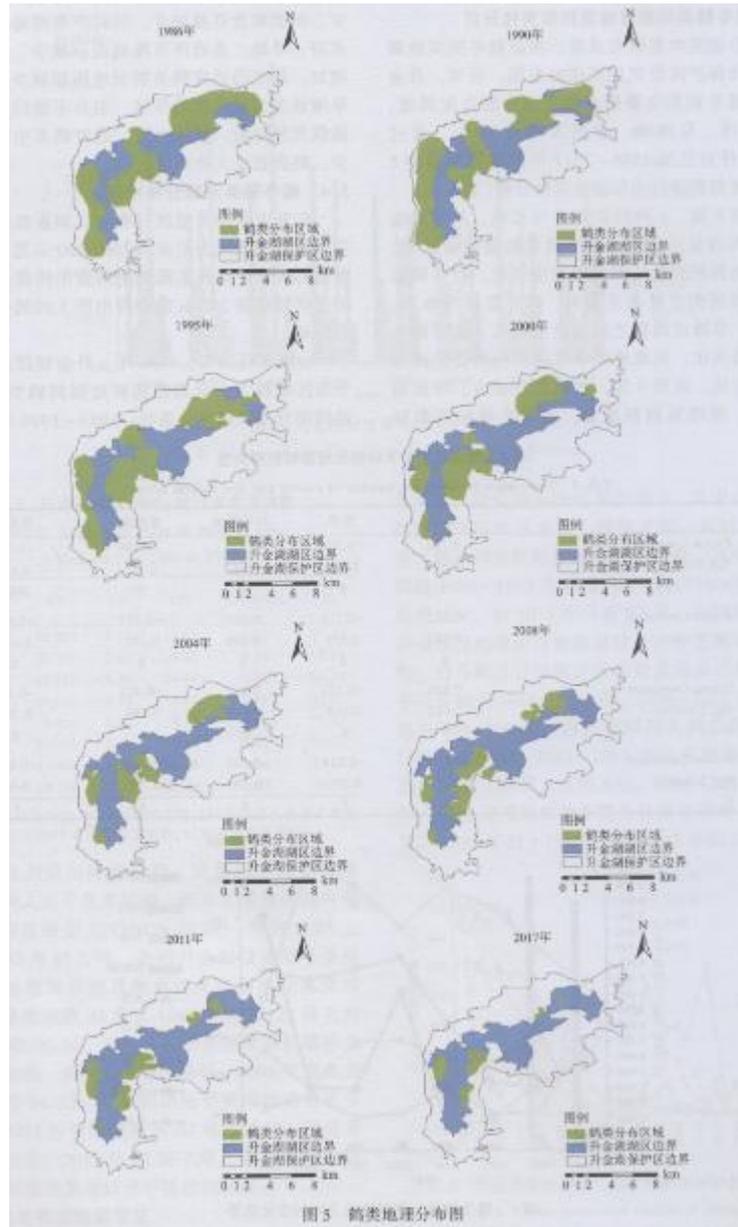


图4 鹤类数量与各栖息地之间的变化趋势



3.5 景观格局变化对越冬鹤类地理分布的影响

本研究将 1986~2017 年鹤类地理分布图和景观分布图叠加，分析升金湖湿地鹤类的地理分布与景观格局变化之间的关系，通过 GIS 统计分析工具得出不同年份下景观格局变化对鹤类地理分布的影响见表 5。

表 5 鹤类地理分布对景观格局变化的响应

年份	水域	水田	芦苇滩地	泥滩地	草滩地	面积 (hm ²)
1986	2 209.92	1 010.19	2 501.15	2 009.11	1 727.06	9 457.43
1990	2 447.26	1 115.39	2 301.16	1 928.93	1 575.93	9 368.67
1995	2 014.52	1 216.93	1 716.19	1 619.01	1 016.14	7 582.79
2000	1 826.17	957.09	1 092.51	303.07	1 396.42	5 575.26
2004	930.51	501.28	727.62	781.27	836.57	3 777.25

2008	537.51	301.59	591.63	562.71	1 271.22	3 264.66
2011	387.51	194.53	529.04	543.62	909.61	2 564.31
2017	341.17	157.31	475.71	473.94	859.95	2 308.08

将 1986~2017 年鹤类地理分布图和景观分布图叠加后, 由图 5 可知, 1986~2017 年鹤类地理分布主要集中在水域、水田、芦苇滩地、泥滩地和草滩地。水域生长的水生动植物是鹤类的主要食物来源, 水田中散落的谷物及蛙晰等也可作为鹤食, 芦苇滩地沉积底部的淤泥为芦苇等草本植物提供了生长环境, 茂密的芦苇丛隐蔽性较强, 泥滩地分布有众多的土壤动物, 草滩地有嫩草、昆虫等, 各栖息地都为鹤类的生存活动提供了丰富资源。1986 年鹤类栖息地面积 9 457. 43 hm², 2017 年鹤类栖息地面积减少为 2 308. 08 hm²。同时, 由表 3 知, 1986~2017 年, 升金湖湿地景观破碎化程度逐渐加剧; 导致鹤类地理分布区域面积整体在逐渐减少, 说明升金湖湿地适宜鹤类生存环境面积在减少, 直接导致近 30 年来越冬鹤类数量逐渐减少。由图 5 知, 1986~2017 年, 5 种栖息地景观均人类难以靠近, 芦苇滩地及水域面积呈下降趋势, 适宜越冬鹤类生存的栖息地面积逐渐减少; 水田、泥滩地及草滩地为鹤类主要取食地, 包括一些农田谷物、野生草菜、鱼虾、土壤动物等, 该类面积增加, 则鹤类活动范围也相应增加。

经多年调查研究发现, 升金湖各鹤类分布也有其特性, 由于不同物种对生存环境需求不同, 不少物种对不同栖息地表现出较强的偏好。灰鹤与白鹤、白头鹤、白枕鹤的栖息地偏好不同。白头鹤主要栖息于湖边泥滩、芦苇沼泽及草滩地中, 常边走边在泥地上挖掘觅食。觅食主要以甲壳动物、小鱼、软体动物、蜻蜓等昆虫和幼虫为食, 也以苔草、眼子菜等植物的嫩叶和块茎及稻谷为食^[21]。白鹤主要栖息于芦苇滩地、湖边滩地, 白鹤的主要食物是苦草、小眼子菜等植物的根和茎, 也食水生植物的嫩叶和少量动物型蚌、螺等^[22]。白枕鹤栖息于浅滩、沼泽湿地、草甸、水田中, 以植物种子、叶芽、草根、谷物、鱼、蛙、虾、昆虫等为食^[23]。灰鹤栖息于开阔泥滩地、草滩地、湖泊以及农田地带, 尤其是富有水边植物的开阔湖泊和沼泽地带, 主要以植物的嫩叶、根茎、嫩芽、草籽、玉米、谷粒、软体动物、昆虫、蛙、晰、鱼虾等食物为食^[24]。

4 结论与讨论

本文以 1986~2017 年的 8 期遥感影像数据为基础, 对升金湖湿地景观格局变化进行分析, 结合 GIS 空间叠加分析法获取升金湖湿地越冬鹤类的地理分布。其结论可为升金湖湿地今后的鹤类保护提供科学的理论支持, 同时为今后进一步研究升金湖越冬鹤类栖息地选择和生境质量评价提供了参考。

(1) 1986~2017 年间, 升金湖湿地景观结构变化明显, 泥滩地、草滩地、建设用地、水田面积总体呈增加态势, 旱地、林地、芦苇滩地及水域面积总体呈减少态势; 且斑块数目增加, 景观的破碎化程度增强。1986 年鹤类的地理分布呈较宽条带状, 且均匀分布于升金湖湿地的上湖区、中湖区和下湖区; 2017 年鹤类地理分布区域破碎化严重、面积显著减少, 呈细小条带状分布, 且主要分布于上湖区和下湖区。1986~2017 年间, 鹤类的地理分布区域逐渐破碎化且面积逐渐减少。

(2) 本文将 1986~2017 年鹤类地理分布图和景观分布图叠加, 通过 GIS 统计分析工具得出鹤类地理分布主要集中在水域、水田、芦苇滩地、泥滩地和草滩地; 1986~2017 年, 升金湖湿地的景观格局变化明显, 鹤类 5 种栖息地总面积整体呈下降趋势。1986 年鹤类栖息地面积为 9 457. 43hm², 2017 年鹤类栖息地面积减少为 2 308. 08hm²。同时, 通过皮尔逊相关性分析得出, 四种鹤类数量与水田、草滩地、泥滩地面积之间存在一定负相关关系, 与芦苇滩地、水域面积之间存在一定正相关关系。

(3) 根据每年冬季的调查监测数据, 并参考鹤类研究文献, 在升金湖湿地, 鹤类一般会选择在有浅滩、芦苇丛和安全性高的沟塘等地栖息, 这些地方既能满足鹤类觅食, 也为鹤类活动休憩提供隐蔽地。鹤类数量不仅与栖息地面积增减显著相关, 且受降雨、温度等自然不可控因素影响大; 另一方面, 鹤类数量受人口、农药化肥使用、过度开垦等可控人为因素影响也较大, 因此, 在今后的升金湖湿地保护管理中, 应合理布局土地利用结构, 同时采取强有力的监管措施, 保护栖息地资源不被侵占,

降低人类活动和经济增长带来的生态环境风险，从而为鹤类提供适宜栖息生境，保护国家级鹤类数量。

(4) 由于鹤类种群的多样性及其觅食、警戒、修整等行为的差异性，不同鹤类种群栖息地偏好是有差异的，本文对4种鹤类的栖息地分布概率作了简单分析，但两者间的内在联系未做深入探讨，可在日后作进一步研究。

参考文献：

[1] 韩文权, 常禹, 胡远满, 等. 景观格局优化研究进展[J]. 生态学杂志, 2005, 24(12) : 1487-1492. HAN W Q, CHANG Y, HU Y M, et al. Research advance in landscape pattern optimization[J]. Chinese Journal of Ecology, 2005, 24(12) : 1487-1492.

[2] 年雁云, 王晓利, 陈璐. 1930-2010年额济纳三角洲土地利用景观格局变化[J]. 应用生态学报, 2015, 26(3) : 777-785. NIAN Y Y, WANG X L, CHEN L. Land use pattern change in Ejin Delta of Northwest China during 1930-2010 [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2015, 26(3) : 777-785.

[3] 陈凌娜. 越冬珍稀鹤类地理分布对湿地土地利用变化响应研究[D]. 安徽农业大学, 2018. CHEN L, N. Study on responses of rare winter cranes geographic distribution to land use change in wetlands [D]. Anhui Agricultural University, 2018.

[4] BOTH C, VAN TURNHOUT C A, BULSMA R G, et al. Avian population consequences of climate change are most severe for long-distance migrants in seasonal habitats [J]. Proc Biol Sci, 2010, 277(1685) : 1259-1266.

[5] AVILES MA. Time budget and habitat use on the common crane wintering in dehesas of southwestern Spain [J]. Canadian Journal of Zoology. 2003, 81(7) : 123-1238.

[6] GUZMAN JMS, AMADO CC, VIE - JO AMD. Influence of farming activities in the Iberian Peninsula on the winter habitat use of common crane in areas of its traditional migratory routes [J]. Agriculture, Ecosystems and Environment 1999, 72(3) : 207-214.

[7] 何小芳, 吴法清, 周巧红, 等. 武汉沉湖湿地水鸟群落特征及其与富营养化关系研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(9) : 1499-1506. HE X F, WU F Q, ZHOU Q H, et al. Research on water birds community feature and its relationship with the eutrophication in Chenhu Wetland [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2015, 24(9) : 1499-1506.

[8] 任璘婧, 李秀珍, 李希之, 等. 长江口滩涂湿地景观变化对典型水鸟生境适宜性的影响 [J]. 长江流域资源与环境, 2014, 23(10) : 1367-1374. REN L J, LI X Z, LI X Z, et al. effect of landscape changes on the habitat suitability for typical water birds at the Yangtze Estuary [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2014, 23(10) : 1367-1374.

[9] 肖静. 我国重要珍稀濒危物种与类群的地理分布格局及保护现状评价 [D]. 湖南农业大学, 2004. XIAO J. Geo - distribution pattern and protection status assessment for the key species of China [D]. Hunan Agricultural University, 2004.

[10] 张玉峰, 徐全洪, 高士平, 等. 溱河口湿地主要水鸟种群迁徙动态 [J]. 湿地科学, 2014, 12(1) : 109-112. ZHANG Y F,

XU Q H, GAO S P, et al. Migration dynamic of dominant groups of water birds in Luanhekou Wetlands, Hebei Province [J]. Wetland Science, 2014, 12(1) : 109-112.

[11]叶小康,童斌,王成,等.升金湖湿地时空演变对越冬鹤类种群动态的影响[J].长江流域资源与环境,2018,27: 63-69. YE X K, DONG B, WANG C, et al. Effects of spatiotemporal changes of shengjin lake wetland on the dynamics of wintering cranes population [J]. Resources and Environment in the Yan-gtze Basin, 2018, 27(1) : 63-69.

[12]张美,牛俊英,杨晓婷,等.上海崇明东滩人工湿地冬春季水鸟的生境因子分析[J].长江流域资源与环境,2013,22(7) : 858-864. ZHANG M, NIU J Y, YANG X T, et al. Environmental impact on the waterbird distribution during winter and spring at the arti-ficial wetlands in Chongming Dongtan [J]. Resources and Envi-ronment in the Yangtze Basin, 2013, 22(7) : 858-864.

[13]韩松,何太蓉,班荣舶.升金湖湿地生态系统服务功能价值分析[J].中国水土保持,2015(6): 24-27. HAN S, HE T R, BAN R B. Analysis on the service function value of Shengjin Lake Wetland Ecosystem [J]. Soil and Water Conservation in China, 2015(6) : 24-27.

[14]李鑫,董斌,孙力,等.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, 321. LI X, DONG B, SUN L, et al. Study on ecological risk assess-ment of Shengjing Lake Wetland land use based on TM Image Pixels [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2014, 21(4) : 114-118, 321.

[15]叶小康,童斌,陈凌娜,等.升金湖湿地土地利用变化及其驱动力[J].福建农林大学学报(自然科学版),2018,47: 229-235. YE X K, DONG B, CHEN L N, et al. Land use change and its driving forces in Shengjin Lake Wetland [J]. Journal of Fujian Agriculture and forestry University (natural science edition), 2018, 47(2) : 229-235.

[16]彭文娟,童斌,叶小康,等.自然湿地鹤类数量对土地利用变化的响应[J].测绘科学,2018,43(5): 81-86. PENG W J, DONG B, YE X K, et al. Research on rare cranes population response to land use change of nature wetland [J]. Science of Surveying and Mapping, 2018, 43(5) : 81-86.

[17]郭文华.城镇化过程中城乡景观格局变化研究[D].中国农业大学,2004. GUO W H. Study on the town and country landscape pattern change during urbanization [D]. China Agricultural University, 2004.

[18]黄玉平.合肥高新技术开发区景观格局与土地利用生态适宜性分析[D].安徽农业大学,2011. HUANG Y P. Analysis of landscape pattern and ecolobical suit-ability of land use of high - tech development area of Hefei [D]. Anhui Agricultural Universit, 2011.

[19]董永权,王占民.关于相关系数 ρ 的几点注释[J].大学数学,2008,24(2) : 182-186. DONG Y Q, WANG Z M. Some notes about correlation coeffi-cient ρ [J]. College Mathematics, 2008, 24(2) : 182-186.

[20]杨阳.升金湖越冬水鸟优势种及关键种生境适宜性研究[D].安徽大学,2018. YAN L Y. Study on the habitat suitability of dominant andkey waterbird species wintering in Shengjin Lake [D]. Anhui Uni-versity , 2018.

[21]杨玲.湖泊湿地退化对越冬白头鹤(*Grus monacha*)觅食活动的影响[D].安徽大学,2015. YANG L. The effect of lake wetland degradation on foraging ac-tivities of the wintering Hooded Crane (*Grus monacha*) [D]. Anhui University,

2015.

[22]袁芳凯, 李言阔, 李凤山, 等. 年龄、集群、生境及天气对鄱阳湖白鹤越冬期日间行为模式的影响[J]. 生态学报, 2014, 34(10) :2608-2616. YUAN F K, LI Y K, LI F S, et al. The influence of age, flocksize, habitat, and weather on the time budget and the daily rhythm of wintering Siberian Cranes in Poyang Lake [J]. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(10) : 2608-2616.

[23]邵明勤, 蒋剑虹, 戴年华, 等. 鄱阳湖 4 种鹤类集群特征与成幼组成的时空变化[J]. 生态学报, 2017, 37(6): 1777-1785. SHAO M Q, JIANG J H, DAI N H, et al. Temporal and spatial variations in the group characteristics and adult-juvenile composition of four crane species in Poyang Lake, China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(6) : 1777-1785.

[24]李忠秋, 王智, 葛晨. 盐城灰鹤 (*Grus grus*)越冬种群动态及行为观察[J]. 动物学研究, 2013, 34(5): 453-458. LI Z Q, WANG Z, GE, C. Population trends and behavioral observations of wintering common cranes (*Grus grus*) in Yancheng Nature Reserve[J]. Zoological Research, 2013, 34(5) : 453-458.