

浙江省白鹭分布与迁徙规律

李慧霞^{1,2}, 徐爱俊^{1,2}, 方陆明^{1,2}, 周克瑜^{1,2}

(1. 浙江农林大学 信息工程学院, 浙江 临安 311300; 2. 浙江农林大学 浙江省林业智能监测与信息技术研究重点实验室, 浙江 临安 311300)

摘要: 以浙江省野生动物疫源疫病日常监测数据为基础, 选取常见候鸟白鹭 *Egretta garzetta* 为研究对象, 通过分析近 5 a 的监测数据, 从统计学角度研究白鹭在浙江境内的分布特点和迁徙规律。结合 K-means 聚类分析, 初步绘制了白鹭在浙江省内的 2 条迁徙路线, 春季北上迁徙的路径: 宁波鄞州—绍兴上虞—杭州余杭—湖州德清, 宁波鄞州—海上, 台州三门—海上; 秋季南下迁徙路径: 湖州德清—杭州余杭—绍兴上虞—宁波鄞州—台州三门。以德清监测站为例探索了环境因子对区域白鹭数量变化的影响, 得到气温级别的回归关系方程。总结得出白鹭在浙江省的迁徙时序、数量变化活动规律。图 5 表 5 参 15

关键词: 动物学; 白鹭; 迁徙路径; 分布区域; 数量变化; 聚类分析

中图分类号: S718.52; Q958.1

文献标志码: A

文章编号: 2095-0756(2015)06-0883-07

Distribution and migration patterns of *Egretta garzetta* in Zhejiang Province

LI Huixia^{1,2}, XU Aijun^{1,2}, FANG Luming^{1,2}, ZHOU Keyu^{1,2}

(1. School of Information Engineering, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Zhejiang Provincial Key Laboratory of Forestry Intelligent Monitoring and Information Technology, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: To study distribution characteristics and migration laws of *Egretta garzetta* from the angle of statistics and to plot migration routes, daily monitoring data of wild animal epidemic sources and disease systems for birds of Zhejiang Province were collected. Monitoring data for the five years from 2010–2014 were analyzed by combined K-means clustering distribution to preliminarily plot two migration routes. Results indicated a northward migration path in spring of Yinzhou, Ningbo—Shangyu, Shaoxing—Yuhang, Hangzhou—Deqing, Huzhou; Yinzhou, Ningbo—over the sea; Sanmen, Taizhou—over the sea. The Southward migration path in autumn was Deqing, Huzhou—Yuhang, Hangzhou—Shangyu, Shaoxing—Yinzhou, Ningbo—Sanmen, Taizhou. Then data from Deqing Monitoring Station was selected to develop a regression equation of environmental factors that influenced changes in the number of *E. garzetta*. Above analysis of *E. garzetta* activities showed patterns of migration timing, migration paths, and quantity changes in Zhejiang Province. [Ch, 5 fig. 5 tab. 15 ref.]

Key words: zoology; *Egretta garzetta*; migratory path; distribution area; quantity changes; cluster analysis

候鸟往返于繁殖地和越冬地之间的迁徙有明显的时间规律, 不同种类的候鸟迁徙都有迁入时间、迁入高峰时间、迁出时间的变化规律。浙江省地处中国东南沿海长江三角洲南翼, 属于亚热带季风气候。

收稿日期: 2014-12-19; 修回日期: 2015-05-18

基金项目: 浙江省自然科学基金资助项目(LY14C160005); 浙江省林业智能监测与信息技术研究重点实验室开放基金资助项目; 浙江农林大学智慧农林林业研究中心预研项目(2013ZHNLO1); 浙江省公益性技术应用研究计划项目(2014C33045); 浙江省教育厅资助项目(Y201432809)

作者简介: 李慧霞, 从事数据分析与大数据挖掘研究。E-mail: lihuixia01@126.com。通信作者: 徐爱俊, 教授, 博士, 从事资源与环境信息系统、森林资源信息管理等研究。E-mail: xuaj1976@163.com

拥有丰富多样的野生鸟类资源,位于亚洲鸟类东部迁徙路线上,浙江濒海区域是候鸟南迁北徙的必经之地。研究候鸟迁徙不仅是保护野生鸟类,也是有效预防禽流感等流行病传播的迫切需要^[1-4]。候鸟迁徙的研究过去多数采用环志法,得出其春秋两季的迁徙高峰,确定迁徙通道^[5];获得不同水鸟迁徙时间及顺序。近年来有采用卫星跟踪技术开展鸟类迁徙研究^[6-7];也有将迁徙研究与地理信息系统(GIS)结合,探讨其在动物空间行为研究中的应用^[8];或者探究社会学习对鸟类迁徙的影响等^[9-10]。本研究依托浙江省野生动物疫源疫病监测系统的监测数据,选取系统监测到数量最多的浙江省常见夏候鸟白鹭 *Egretta garzetta* 为研究对象,其迁徙路线以南北向为主,属于日行性鸟类,是典型的湿地涉禽。进而采用统计分析、聚类分析、时空图谱分析^[11]相结合的数据处理分析方法,分析环境因子与白鹭种群数量变化和迁徙时序之间的关系,探究其分布与迁徙规律,为保护野生鸟类提供科学依据。本研究立足现有的大量统计资料和监测数据,从统计学角度来探讨研究候鸟的分布及迁徙规律。

1 研究区域概况

浙江地处中国东南沿海,位于 27°06'~31°11'N, 118°01'~123°10'E,地貌以低山、丘陵为主,地势呈西南高东北低,海岸线绵长,属于亚热带季风气候,气候温和,湿润多雨。浙江年平均气温 15~18℃;全省年平均降水量为 980~2 000 mm;年平均日照时数为 1 710~2 100 h^[5];浙江的自然环境复杂多样,野生鸟类种类繁多,是亚洲鸟类东部迁徙路线的必经之地。

浙江省鸟类资源丰富,分布以雀形目 Passeriformes 为主。根据最新的“浙江野生动物现状报告”统计,浙江省共有鸟类 474 种,一半以上都是候鸟,其中生境分布以沼泽水域为主的鸻形目有 3 科 26 种,地域分布在浙西北、浙东南及海岛地区较多,以夏候鸟为主^[12]。

2 研究方法

通过分析浙江省野生鸟类资源特点和野外调查数据资料,选取浙江省野生动物疫源疫病监测系统中相关数据,根据鸟类种类、数量和分布范围选择典型候鸟建立相关模型,研究数量分布及迁徙规律。

浙江省自 2005 年采取边建机构边开展监测工作的办法开展陆生野生动物疫源疫病监测工作,至今已建立了 10 个国家级、5 个省级、12 个市县级监测站,共 48 个监测点,初步形成了浙江省陆生野生动物疫源疫病监测网络。各监测点经过培训的工作人员每天在固定巡逻线路和固定时间通过野外数据采集仪上报监测情况,记录野生动物种类、数量等信息;地方各监测站和省级总站分别汇总本区域监测点数据,可以分层查看各级汇总数据等。

根据系统 2009–2013 年的监测数据,浙江白鹭的分布和迁徙数据覆盖其中 11 个监测站和 22 个监测点,监测点包括了平原、丘陵、山脉、岛屿、河流、湖泊、湿地、海岸等多种地形环境(嘉兴市、丽水市目前还没有覆盖监测站,温州市、衢州市各有 1 个监测点,但由于建站时间较短,数据记录较少,本研究未采用)。系统记录的监测点鸟类种类、数量是由专业巡护人员每天在固定时间、固定线路上观测和记录的,记录鸟类数量以精确计数为主,根据经验估算数量为辅。为消除观测数量估计上的误差,本研究涉及的白鹭数量均采用离差标准化无量纲处理,使结果落到 [0, 1] 区间,转换函数是:
$$x^* = (x - x_{\min}) / (x_{\max} - x_{\min})$$
,主要反映其变化趋势性。

基于分析结果,利用 ArcGIS 软件绘制理论上浙江省白鹭的迁徙路线。随着监测站数量增多,监测时间的累积,统计基数的增加,鸟类的迁徙路线将越接近实际路径。

3 结果与分析

3.1 白鹭在迁徙鸟中的比例

统计分析系统数据库获取的 2009–2013 年野生鸟类-候鸟的数据,共有候鸟 191 种,选取数量最多的前 10 种(图 1)。浙江省多数候鸟为水鸟,其中白鹭占总量的 43.21%,总量第一。浙江省白鹭分布的监测站点为湖州长兴监测站(1 个监测点),湖州德清监测站(1 个监测点),杭州临安监测站(2 个监测点),杭州余杭监测站(2 个监测点),杭州西溪湿地监测站(1 个监测点),绍兴上虞监测站(1 个监测点),宁波鄞州监测站(3 个监测点),台州三门监测站(6 个监测点),金华兰溪监测站(3 个监测点),衢州龙

游监测站(1 个监测点)，温州乐清监测站(1 个监测点)。

3.2 白鹭分布数量与迁徙时间

浙江省候鸟春季迁徙北上过境的时间从 3 月下旬到 5 月上旬，其中 4 月上旬到 4 月中旬为迁徙的高峰时期，秋季迁徙过境的时间从 9 月上旬到 10 月下旬；春秋迁徙时见于沿海主要港湾杭州湾、象山港、三门湾、乐清湾^[12-13]。白鹭于 4 月初到 4 月中旬陆续迁到浙江中部地区，9 月下旬开始迁离。统计结果如表 1 所示。

本研究从统计学角度出发，选取白鹭数量分布最多的 4 个主要监测站，分类统计 2009–2013 年 5 a 每月白鹭的平均数量，分析结果如图 2 所示。结合散点分布情况和拟合函数(拟合度均大于 75%)分析如下：湖州德清境内地形起伏高差大，垂直气候较明显，夏候鸟居多。结合散点分布可以看出，从 5 月开始，白鹭大量迁徙抵达，系统监测到的数量开始大幅增加，6–9 月数量达到顶峰。7–8 月，由于天气炎热，白鹭出现频率开始降低。10 月白鹭迁徙离开，11 月鸟类数量回到较低水平。总体来看，白鹭出没较少时间为秋末至翌年初春，是晴冷少雨、空气干燥的时节。鄞州位于宁波平原，纬度适中。由图 2 分析可知：4 月开始，白鹭大量迁徙抵达鄞州，系统监测到的白鹭数量激增，5–6 月达到顶峰。6–8 月，白鹭较少，11 月上旬，白鹭迁徙离开。三门县位于浙江东北部沿海的台州市，地形为低山丘陵，冬候鸟居多。分析可知，7 月开始，白鹭迁徙抵达，数量开始直线增加，8–9 月末白鹭数量达到顶峰。9–10 月，白鹭出现频率持续走低。兰溪市位于浙江省中西部的金华市，地处钱塘江中游，丘陵盆地地貌，属东亚副热带季风区，夏候鸟居多。4 月中旬开始，兰溪站监测到的白鹭数量开始大幅增加，6–8 月白鹭数量达到顶峰。10 月开始候鸟白鹭出现频率开始降低，11 月回到较低水平。

系统监测数据统计显示：浙江省内气温最高是在 7–9 月。从图 2 可以看出：依据数量分布拟合出白鹭数量随时间变化的多元最优曲线模型，根据浙江省各监测站出现的白鹭监测数据，结合白鹭在中国的习惯性迁徙路径^[13-14]，总结白鹭在浙江省内的迁徙规律如后：①兰溪站白鹭在 4 月中旬开始大量抵达，11 月离开，数量在 5 月达到最大值，德清站白鹭在 5 月开始白鹭大量抵达，10 月离开，数量在 7 月达到最大值；春季北上迁徙的路径如图 3 所示：金华兰溪—杭州临安—湖州德清，秋季南下迁徙的路径为：湖州德清—杭州临安—金华兰溪。②浙江省三门站候鸟白鹭数量在 9 月中旬达到最大值，浙江省鄞州站白鹭数量在 6 月达到最大值，德清站数量在 7 月达到最大值。总结近 5 a 的白鹭数量变化的分析结果：三门站在 7 月白鹭大量抵达，濒海位置适宜鸟类生活故 11 月才陆续离开，数量在 9 月达到最大值。鄞州站在 4 月白鹭大量抵达，11 月上旬离开，数量在 6 月达到最大值。德清站白鹭在 5 月大量抵达，10 月离开，数量在 7 月达到最大值。得出春季北上迁徙的路径为：宁波鄞州—绍兴上虞—杭州余杭—湖州德清，宁波和台州沿海，也有一部分白鹭直接从海上迁徙：宁波鄞州—海上，台州三门—海上；秋季南下迁徙的路径为：湖州德清—杭州余杭—绍兴上虞—宁波鄞州—台州三门。根据以上分析，可以大致描绘出的白鹭在浙江省内南迁北徙路径如图 3 所示，该迁徙路径与张孚允等^[15]在“中国不同种类鸟的迁徙路线图”和“中国候鸟迁徙途径的初步调查”中得出的白鹭在中国境内的迁徙路径走向基本一致。

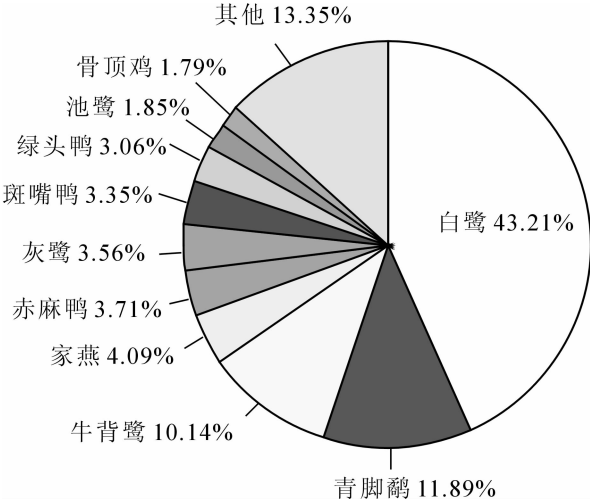


图 1 候鸟数量统计

Figure 1 Statistics of migratory birds amount

表 1 2009–2013 年主要监测站监测白鹭数量

Table 1 Amount of little egret in major monitoring stations in 2009–2013

监测站	2009 年 总量/%	2010 年 总量/%	2011 年 总量/%	2012 年 总量/%	2013 年 总量/%
德清	86.19	54.39	36.51		31.32
三门	5.53	9.77	12.63	17.17	10.65
鄞州		34.90	21.67	48.81	28.44
兰溪			26.11	26.69	27.09
以上总数所占 总数比率/%	98.19	99.06	96.92	95.57	97.50

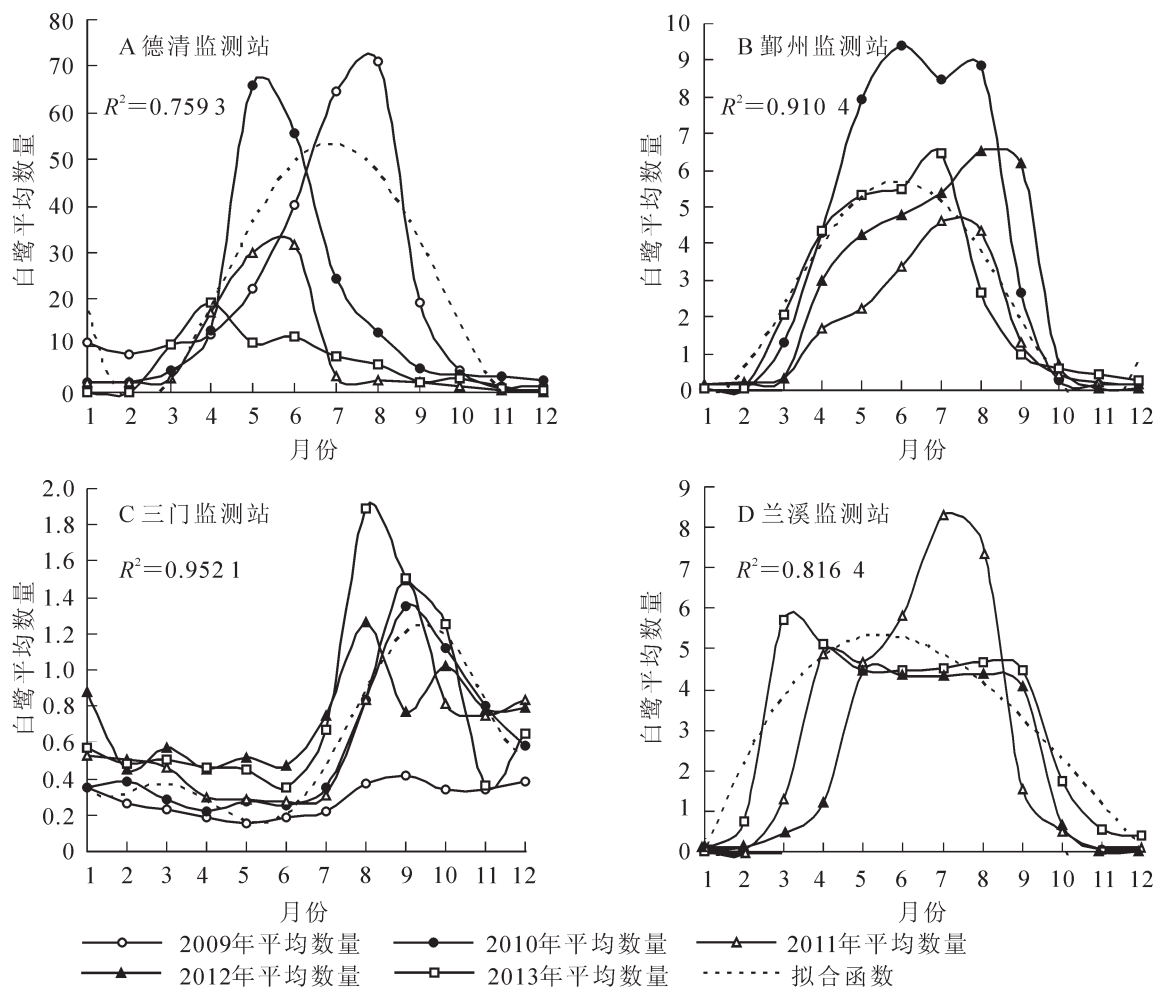


图 2 2009–2013 年浙江省 4 个主要监测站监测的白鹭平均数量

Figure 2 Average amount of little egret in four major monitoring stations in Zhejiang Province during 2009–2013

3.3 浙江省白鹭数量变化影响因素探究

分析主要监测站白鹭的数量分布情况,发现湖州德清监测站(下渚湖湖上山监测点)是白鹭的主要的栖息地。选择德清站作为研究区域,探究 2009–2013 年(2012 年数据异常,未纳入研究范围)环境因子对白鹭数量变化的影响及其内在联系。

3.3.1 气温因素分析 通过对系统中白鹭数量的统计分析,选取德清站的平均气温和野生白鹭数量进行

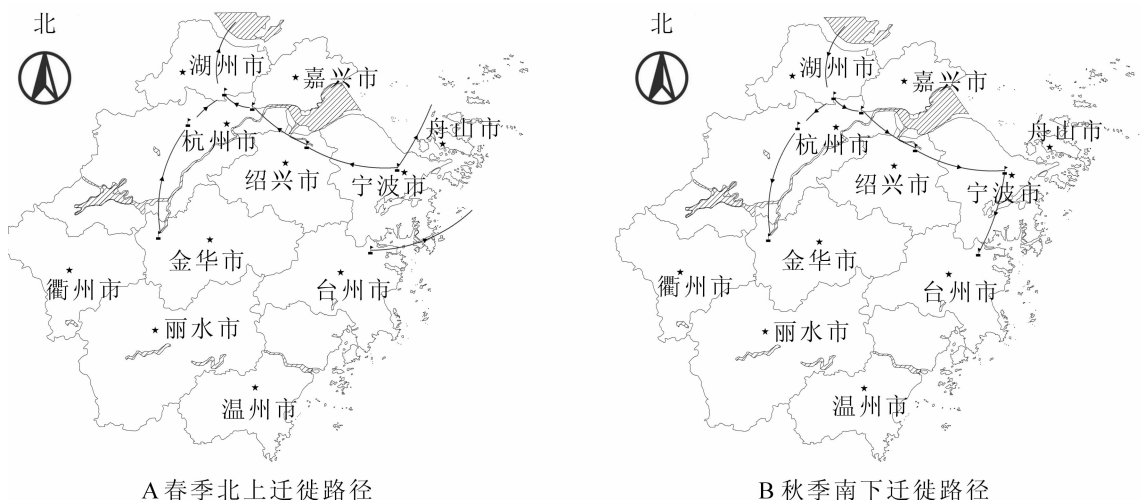


图 3 2009–2013 年浙江省白鹭迁徙路径示意图

Figure 3 Bird migration path diagram of little egret in Zhejiang Province in 2009–2013

K-means 聚类效果分布，分析结果如图 4 所示。

气温与白鹭数量之间的关系：聚类 4 下平均气温为 26.152 6 ℃时，白鹭数量最多；聚类 6 下平均气温为 6.916 3 ℃时，白鹭数量最少。选取德清的平均气温和野生白鹭平均数量进行一元回归分析，探究气温与白鹭数量变化的内在联系，分析结果见表 2~4。

分析气温变化与监测到的白鹭数量的相关程度，得出结果：监测到每月白鹭平均数量与每月平均气温呈显著正相关关系。建立回归分析关系方程如下： $y_i = 2.442+1.018x$ 。用 SPSS 对平均气温—白鹭平均数量的回归关系进行曲线估计，进行合适的线性、二次、三次拟合，拟合效果如下表 5。选取拟合度最高($R^2=0.269$)的三次方程，建立德清监测站白鹭数量与气温关系方程，设 z_1 为白鹭数量，气温为 x ： $z_1=6.950-2.263 x^3+0.243x^2-0.005x$ 。

3.3.2 天气因素分析 探讨影响白鹭数量明显减少的另一主要环境因素——天气因素。将天气因素根据其恶劣程度划分为 6 个梯度：晴(1)，多云(2)，阴(3)，雾(4)，雨(5)，雪(6)。研究部数据分布如图 5

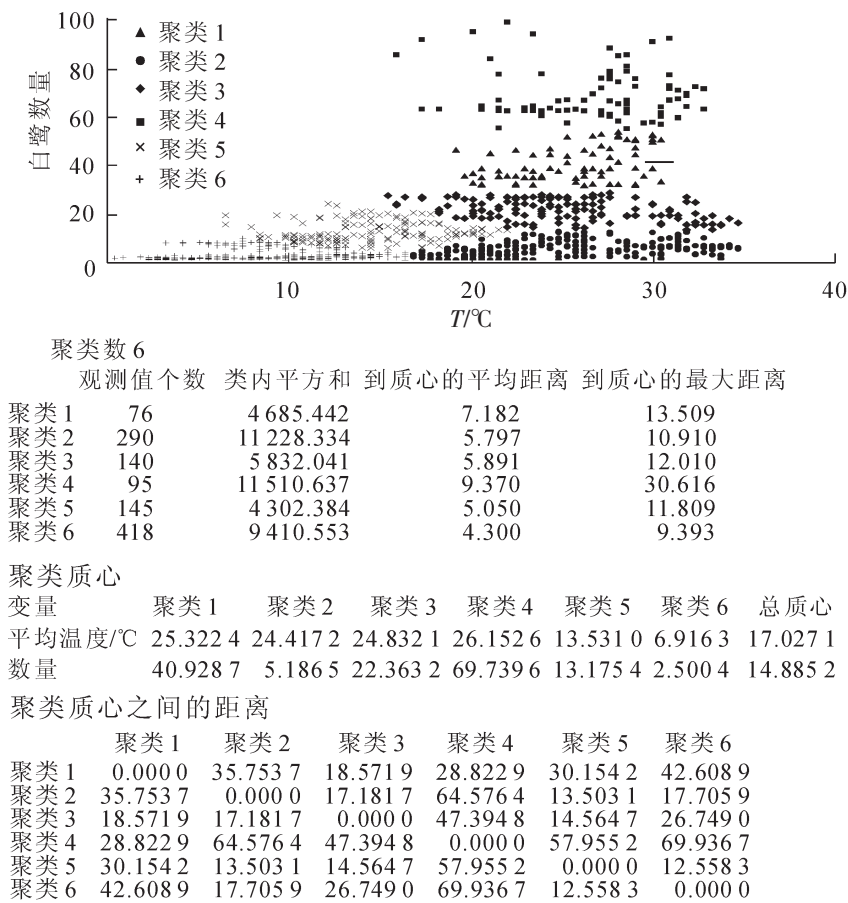


图 4 K-means 聚类分布图及分析结果

Figure 4 Distribution diagram and analysis of K-means clustering

表 2 回归统计

Table 2 Statistical table of regression

相关系数	测定系数	校正测定系数	标准误差	观测值
0.485 162 707	0.235 382 853	0.234 724 835	17.420 691 8	1 164

表 3 回归分析

Table 3 Analysis table of regression

方差分析	自由度	误差平方和	均方差	F 值	回归 P 值
回归分析	1	108 559.469 3	108 559.469 3	357.714 806 4	9.186 2E-70
残差	1 162	352 644.344 2	303.480 502 7		
总计	1 163	461 203.813 4			

表 4 回归系数

Table 4 Coefficient table of regression

项目	回归系数	标准误差	统计量 t	参数 P 值	置信度 95% 的 误差上限	置信度 95% 的 误差下限	下限 95.0%	上限 95.0%
常数项	-2.442 42	1.048 842	-2.328 68	0.020 0467 24	-4.500 255 294	-0.384 580	-4.500 260	-0.384 580
平均气温	1.017 653	0.053 806	18.913 35	9.186 2E-70	0.912 084 756	1.123 221	0.912 085	1.123 221

表 5 德清站白鹭数量与气温级别曲线拟合参数估计

Table 5 Little egret quantity and temperature level curve fitting parameter estimate table of Deqing monitoring station

方程	模型汇总					参数估计值			
	测定系数	F 值	自由度 1	自由度 2	回归 P 值	常数	b_1	b_2	b_3
线性	0.235	357.715	1	1 162	0.000	-2.442	1.018		
二次	0.236	133.836	2	1 161	0.000	-3.395	1.183	-0.005	
三次	0.269	142.477	3	1 160	0.000	6.950	-2.263	0.243	-0.005

所示。结合 K -means 聚类(聚类为 6)分析结果如下: ①综合来看, 受浙江省特殊地理气候的影响, 雨天的比率为 39%, 晴天的比率为 20%, 阴天占到 17%, 剩下的多云天气和雪天共占到了 17%。天气值为 1.31~1.09, 即介于多云和阴天之间的天气(更接近晴朗的多云天气)时, 白鹭数量均值分别为 66.08 和 62.35, 数量最多; 天气值为 4.40 即雨天时, 白鹭数量均值为 62.36; 天气值为 2.60 和 1.00 即在酷暑的晴天和秋冬的湿冷天气的时候, 白鹭数量均值为 8.23 和 4.33, 数量最少。②天气的划分不如气温精细, 从总体范围上获得白鹭数量的总体情况, 提供整体的感知。综合影响数量变化环境因子的分析结果, 由于监测站分布较少, 有可能是监测站所在地的气候异常或者其他因素导致数量的下降; 或者是记录人员经验不足引起的误差等。

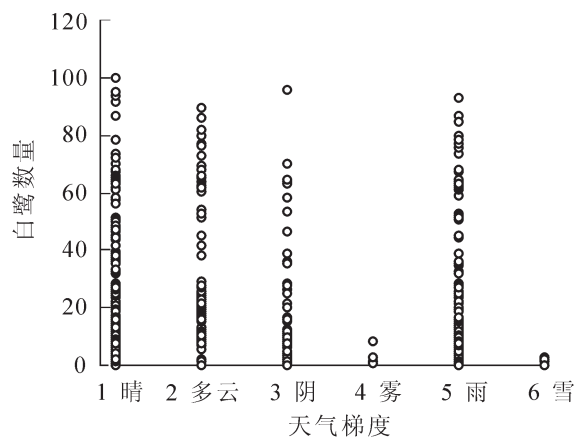


图 5 天气-数量分布

Figure 5 Distribution diagram of weather-quantity

4 结论

综合研究结果, 得出以下结论: ①白鹭于 4 月初至 4 月中旬陆续大批迁到浙江中部地区, 9 月下旬开始迁离。在浙江省内德清、三门、鄞州、兰溪较为常见。德清监测站位于内陆, 高温时空气干燥, 炎热感觉强; 而鄞州、三门监测点位于沿海, 空气湿度较高, 炎热感降低, 各站监测到它们活跃气温和活跃时间不尽相同。②选取德清监测站探究环境因子对白鹭数量的影响, 对气温因子进行回归分析, 得到气温级别的关系方程。天气因子通过天气级别反映白鹭数量的总体情况。受浙江省特殊地理环境的影响, 近 4 成的天气是雨天, 晴天的比率占了 2 成, 介于多云和阴天之间的天气(即更接近晴朗的多云天气)时, 白鹭数量均值最多; 因为浙江省全年湿润多雨, 不可避免地白鹭数量均值在雨天也较高, 为 62.36; 在酷暑的晴天和秋冬湿冷的时候, 白鹭数量均值最少。同时, 由于现有的监测资料还不能全面、准确地反映白鹭数量变化原因, 考虑到繁殖成功率、迁徙地及越冬地的环境影响, 未来将进一步深入研究。③根据数量分布拟合出白鹭数量随时间变化的多元最优曲线模型, 根据浙江省各监测站监测到白鹭数据的曲线拟合结果, 得出白鹭在浙江省内的 2 条大致迁徙路径, 其中“宁波鄞州—绍兴上虞—杭州余杭—湖州德清”这条迁徙路径倚靠杭州湾和太湖, 周边的环境非常适宜水鸟生存以及繁殖, 小范围内很有可能是这个方向上的迁徙。随着以后监测站点的覆盖建设进一步完善, 白鹭的迁徙路径会更加精确。

本研究是从大量野生动物疫源疫病观测数据来分析白鹭的迁徙路线与分布规律, 主要是从统计分析和大数据角度来开展研究, 意在生物学角度之外找到一种新的研究候鸟迁徙路线与规律的方法。随着观测时间的进一步积累, 观测范围的进一步扩大, 观测站点的进一步增加, 技术手段的进一步提升, 其研

究结果与现实情况的吻合程度将进一步提高。

5 致谢

感谢浙江省野生动植物保护管理总站提供相关数据。

6 参考文献

- [1] ALEXANDER D J. An overview of the epidemiology of avian influenza [J]. *Vaccine*, 2007, **25**(30): 5637 – 5644.
- [2] 马志军. 鸟类迁徙的研究方法和研究进展[J]. *生物学通报*, 2009, **44**(3): 5 – 8.
MA Zhijun. Research methods and progress of bird migration [J]. *Bull Biol*, 2009, **44**(3): 5 – 8.
- [3] 崔岩, 赵德怀. 野生动物定位监测数据处理方法研究[J]. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2001, **29**(5): 51 – 55.
CUI Yan, ZHAO Dehuai. Research on wild animal positioning data processing method [J]. *J Northwest Sci-Tech Univ Agric For Nat Sci Ed*, 2001, **29**(5): 51 – 55.
- [4] CHEN Shuihua, FAN Zhongyong, CHEN Cangsong, *et al.* A new breeding site of the critically endangered Chinese Crested Tern *Sterna bernsteini* in the Wuzhishan Archipelago, eastern China [J]. *Foktail*, 2010, **26**: 132 – 133.
- [5] 浙江省气象局. 浙江的气候[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1980.
- [6] 张铁楼, 田恒玖, 史洋, 等. 北京野生水鸟迁徙规律及其监测策略初探[J]. *四川动物*, 2009, **28**(6): 89 – 93.
ZHANG Tielou, TIAN Hengjiu, SHI Yang, *et al.* Studies on migration patterns and monitoring method of the water birds in Beijing [J]. *Sichuan J Zool*, 2009, **28**(6): 89 – 93.
- [7] 伍和启, 杨晓君, 杨君兴. 卫星跟踪技术在候鸟迁徙研究中的应用[J]. *动物学研究*, 2008, **29**(3): 346 – 352.
WU Heqi, YANG Xiaojun, YANG Junxing. Review of satellite tracking in bird migratory studies [J]. *Zool Res*, 2008, **29**(3): 346 – 352.
- [8] 张海亭, 唐明洁, 周园春, 等. 青海湖鸟类迁徙的数据挖掘系统设计与实现[J]. *计算机系统应用*, 2009(11): 1 – 7.
ZHANG Haiting, TANG Mingjie, ZHOU Yuanchun, *et al.* Design and implementation of a data mining system for Qinghai Lake bird migration [J]. *Comp Syst & Appl*, 2009(11): 1 – 7.
- [9] 张静. 社会学习对鸟类迁徙行为的影响[J]. *中国家禽*, 2013, **35**(21): 1.
ZHANG Jing. The influence of social learning on bird migration behavior [J]. *China Poultry*, 2013, **35**(21): 1.
- [10] 李显达, 郭玉民, 方克艰, 等. 嫩江高峰林区鸟类迁徙与气象因子的相关性初探[J]. *四川动物*, 2013, **32**(2): 302 – 305.
LI Xianda, GUO Yumin, FANG Kejian, *et al.* Studies on bird migration and meteorological factors in Gaofeng Forestry Area of Nengjiang county [J]. *Sichuan J Zool*, 2013, **32**(2): 302 – 305.
- [11] 马鸣. 新疆青格达湖湿地自然保护区及周边地区的鸟类[J]. *动物学杂志*, 2013, **48**(5): 781 – 787.
MA Ming. Birds of Qinggeda Wetland Nature Reserve and surrounding areas, Xinjiang [J]. *Chin J Zool*, 2013, **48**(5): 781 – 787.
- [12] 蒋科毅, 吴明, 邵学新. 杭州湾及钱塘江河口水鸟群落组成、季节动态及种间相关性分析[J]. *动物学研究*, 2011, **32**(6): 631 – 640.
JIANG Keyi, WU Ming, SHAO Xuexin. Community composition, seasonal dynamics and interspecific correlation of waterbirds in the Qiantangjiang River estuary and Hangzhou Bay [J]. *Zool Res*, 2011, **32**(6): 631 – 640.
- [13] 刘安兴, 丁平. 浙江湿地水鸟种群数量研究[J]. *浙江大学学报: 农业与生命科学版*, 2001, **27**(3): 325 – 329.
LIU Anxing, DING Ping. Studies on the population number of waterfowls in Zhejiang Province [J]. *J Zhejiang Univ Agric & Life Sci*, 2001, **27**(3): 325 – 329.
- [14] 朱曦. 中国鹭科鸟类研究进展[J]. *林业科学*, 2005, **41**(1): 174 – 180.
ZHU Xi. A Review on Ardeidae birds in China [J]. *Sci Silv Sin*, 2005, **41**(1): 174 – 180.
- [15] 张孚允, 杨若莉. 中国鸟类迁徙研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 1997.