

人工智能在湖北沉湖湿地鸟类监测中的应用



赵亮¹, 邹彦龙¹, 王立权¹, 李嘉¹, 曹腾芳², 田珊^{1,*}

¹中科北纬 (北京) 科技有限公司, 北京 100043

²江西省林学会, 江西南昌 330046

摘要: 本研究旨在探讨人工智能技术在湿地鸟类监测中的应用, 以提高监测效率和准确性。研究结合现代通信网络、人工智能等高新技术, 构建覆盖关键生态系统的天空地一体化监测网络。通过在湖北沉湖湿地部署高清摄像头、声音传感器和无人机等设备, 实现对鸟类活动的实时视频监控和声音数据采集。利用深度学习算法对视频流和声音信号进行分析, 自动识别鸟类的种类和行为模式。研究选择了 11 种鸟类作为监测对象, 通过无人机采集了大量影像数据, 并使用 YOLOv8 和 PP-HGNET 算法进行鸟类识别和分类。结果表明, AI 监测系统在鸟类识别精度上达到了 87.7% 的均值平均精度, 能够为鸟类动态监测、疫源疫病监测、保护研究等提供可靠的数据支撑。此外, AI 技术还能监测湿地环境指标, 为生态保护提供科学依据。研究证明, AI 技术在湿地鸟类监测中具有广阔的应用前景, 能够推动监测技术的革新, 提高生态保护的效率和效果。

关键词: 人工智能; 湿地鸟类; 智能监测

DOI: [10.57237/j.jaf.2025.01.002](https://doi.org/10.57237/j.jaf.2025.01.002)

Application of Artificial Intelligence in Hubei Chen Lake Wetlands Bird Monitoring

Zhao Liang¹, Zou Yan-Long¹, Wang Li-Quan¹, Li Jia¹, Cao Teng-Fang², Tian Shan^{1,*}

¹China Natural-harmony Blueprint Technology Co., Ltd, Beijing 100043, China

²Jiangxi Society of Forestry, Nanchang 330046, China

Abstract: This study aims to explore the application of Artificial Intelligence (AI) technology in wetland bird monitoring to improve monitoring efficiency and accuracy. By integrating modern communication networks and AI technologies, a sky-ground integrated monitoring network covering key ecosystems has been established. In the Chen Lake Wetland in Hubei, high-definition cameras, sound sensors, and drones were deployed to achieve real-time video surveillance and sound data collection of bird activities. Deep learning algorithms were utilized to analyze video streams and sound signals, automatically identifying bird species and behavior patterns. The study selected 11 bird species as monitoring objects and collected a large amount of image data using drones. YOLOv8 and PP-HGNET algorithms were employed for bird recognition and classification. The results showed that the AI monitoring system achieved a mean Average Precision (mAP) of 87.7% in bird recognition accuracy, providing reliable data support for bird dynamic

基金项目: 湖北省野生动物疫源疫病智慧监测项目 (20230810-000539).

*通信作者: 田珊, doriatshan@163.com

收稿日期: 2025-01-22; 接受日期: 2025-03-04; 在线出版日期: 2025-04-17

<http://www.agrforestry.com>

monitoring, epidemic source monitoring, and conservation research. Additionally, AI technology can monitor wetland environmental indicators, offering a scientific basis for ecological protection. The research demonstrates that AI technology has broad application prospects in wetland bird monitoring, capable of driving the innovation of monitoring technologies and enhancing the efficiency and effectiveness of ecological conservation.

Keywords: Artificial Intelligence; Wetland Birds; Intelligent Monitoring

1 引言

2024 年 3 月 3 日中国第 11 个“世界野生动植物日”活动主题为“构建野生动植物智慧保护体系”，数字化赋能生物多样性，以科技之力守护野生动植物。根据《“十四五”林业草原保护发展规划纲要》和《国家公园等自然保护地建设及野生动植物保护重大工程建设规划（2021—2035 年）》的要求，整合现代通信网络、人工智能等高新技术，运用有线无线融合网络、视频监控、红外相机、无人机等技术手段，结合遥感卫星影像数据，构建覆盖森林、草原、河湖、湿地、沙漠、海洋等关键生态系统的天空地一体化监测网络，建设全方位智慧化管理信息系统，加强综合监测。在加强鸟类种群及动态监测方面，要在鸟类重要栖息地和主要迁飞通道持续开展种群动态监测和鸟类环志等科研活动，掌握鸟类种群变化及迁徙时空动态，了解各地区鸟类保护的热点区域和威胁因素，逐步建立鸟类保护监测体系。

鸟类对环境变化比较敏感，分布生境多样，一个区域的鸟类数量和种类越多，区域内的生态环境就越好，因此鸟类是生物多样性的重要指示类群[1]。水鸟种群数量的变化能够反映湿地生态系统的整体健康状况。因此，对水鸟的长期监测对于了解湿地生态系统的演化、评估生态保护成效至关重要[2, 3]。传统的水鸟监测方法依赖人工观测和记录，这不仅耗费大量人力物力，而且受限于监测人员的专业知识以及天气条件，难以保证监测的准确性、连续性和完整性。

随着人工智能技术的发展，人工智能（Artificial Intelligence, AI）鸟类监测系统应运而生。根据鸟类监测、识别场景的特点，采用 AI 技术对鸟类进行监测，实现自动化监测目标鸟类、人工智能辅助发现未知鸟类的效果[4]。随着数据的积累，可以持续优化模型并提高识别精度[5]。AI 技术鸟类监测解决以往地面调查耗费人力大、效率低等问题，实现大范围、大尺度、大数量条件下的监测数据智能提取和判读，

极大提高野生动物种群动态监测、保护管理监测的时效性和准确性[6]，减少因野生动物疫病而导致的社会经济损失，具有巨大的生态效益、社会效益和经济效益。

2 技术应用

2.1 应用场景

2.1.1 实时监测与数据分析

AI 系统能够实时监测鸟类活动，并通过视频和音频数据进行分析。通过部署高清摄像头和声音传感器，实现了对鸟类活动的实时视频监控和声音数据采集。系统利用深度学习算法，对视频流进行分析，自动识别鸟类的体貌特征，同时，声音识别技术对鸟鸣声进行分析，以识别不同种类[6]。这种多模态监测方法提高了识别的准确性。AI 系统还能实时处理大量数据，快速更新监测结果，并对珍稀鸟类进行自动报警。

2.1.2 鸟类自动识别

AI 技术通过图像识别算法，可以自动识别鸟类的种类[7]。通过搭载深度学习算法，AI 系统能够分析由高清摄像头捕获的鸟类图像，自动识别并分类不同的鸟类。这一过程通常涉及对大量标记好的鸟类图片进行学习，使 AI 模型掌握各种鸟类的形态特征，如体型、羽毛颜色、喙型等。在实际监测中，AI 系统实时接收视频流，从中提取关键帧，运用已训练好的模型对鸟类进行检测和识别，从而确定其种类[8]。

2.1.3 声音识别

除了视觉识别，AI 还能够通过声音识别技术来监测鸟类。在视线受阻的环境中，如森林，声音识别变得尤为重要。AI 系统通过部署在自然环境中的声音传

感器，记录鸟类发出的各类鸣叫和歌声，随后利用机器学习算法对这些声音信号进行处理和特征提取 [6]。通过训练，AI 能够学习并识别不同鸟类的声纹特征，即便在视线不佳或鸟类被遮挡的情况下，也能准确辨识鸟类的种类。该技术特别适用于森林、湿地等声学环境复杂的地区，以及夜间或隐蔽处的鸟类监测。AI 声音识别不受光线限制，可以全天候工作，为鸟类监测提供了连续、实时的数据流。此外，声音识别技术还能揭示鸟类的行为模式和生态信息，如求偶、领地防御、觅食等，为理解鸟类行为学和生态学提供了宝贵的数据资源 [6]。

2.1.4 多模态监测

结合图像和声音识别的多模态监测方法可以进一步提高识别的准确度。这种融合了视觉和声音数据的方法，使得监测系统在不同环境下都能保持高效和准确[9]。多模态监测能够弥补单一监测方式的不足。如当鸟类被遮挡或距离较远时，图像信息可能不完整，而声音信息却能穿透障碍，提供额外的识别线索；对于一些外观相似但鸣声差异显著的鸟类，声音识别能够提供关键的区分特征。此外，多模态监测还能在复杂环境中提高系统的准确性，如在多鸟同时出现的场合，系统仍能准确识别和计数。

2.1.5 智能管理和报告

AI 监测系统不仅能识别鸟类，还能根据需求生成管理报告，如日报、周报、月报，极大地提高了保护管理人员工作效率。

2.1.6 生态环境监测

AI 技术还能监测湿地的环境指标，包括水质状况、

土壤湿度以及气候条件等。通过传感器和监测设备收集数据，然后对数据进行深入分析，从而提供关于湿地环境健康状况的详细信息 [10]。例如，AI 可以分析水质监测数据，以识别污染物、营养物水平或 pH 值的变化；通过分析土壤湿度和植被生长情况，能够评估湿地的水分状况和生态承载力；通过监测鸟类和其他野生动物的活动模式，能够进一步了解物种与生境之间的关系，为生态修复和保护提供数据支持。

2.1.7 保护对策建议

AI 系统通过大数据分析，系统能够处理和分析由监测设备收集的大量鸟类视觉和声音数据，从而识别鸟类的种类、数量以及行为模式；利用机器学习和深度学习算法，从复杂的数据中发现模式和趋势，及时检测出鸟类种群数量的异常变化，或是栖息地环境的不利影响[9]；能够监测人类活动对鸟类的潜在威胁，如非法狩猎、栖息地破坏等。AI 技术的应用，对鸟类多样性指数、鸟类迁徙、活动区范围、种群等进行现状评估及受胁分析，帮助保护工作者和决策者了解当前鸟类资源面临的风险，为制定保护措施提供科学依据 [7]。

2.2 技术方案

根据项目监测业务需求，结合实际设备情况和业务场景，训练基于各类细分场景的 AI 算法模型，并推送至前后端的智能分析设备，实现珍稀濒危物种和重点区域鸟类监测工作的智能应用。AI 在湿地鸟类监测中的应用技术方案通常包括智慧监测设备部署、数据采集、AI 识别算法、实时监测与分析、数据管理与统计、系统优化与训练、系统集成于应用等几个关键组成部分。通过输入层、前处理、AI 识别、后处理、展示层实现项目需求（图 1）。



图 1 技术框架

3 应用案例

以无人机近地面遥感技术结合 AI 技术在湖北沉湖国际重要湿地鸟类监测中的为例，探讨 AI 在实际监测中的应用。

3.1 实施地点

武汉市是中国内陆湿地资源最丰富的城市之一，全市湿地面积 1624.61 平方公里，占全市土地面积的 18.9%。沉湖湿地位于武汉市蔡甸区西南、长江与汉江交汇的三角地带，地理坐标为东经 113°46'09"~113°53'53"，北纬 30°15'10"~30°25'53"，是地球上同一纬度湖泊群中较稀有的典型淡水湖泊湖沼沼泽湿地，是长江中下游湿地网络的重要一环。气候属于北亚热带大陆性季风气候，年均气温 16.5℃，年均水温 13.5℃~15.2℃，年均降水量 1250 mm，无霜期 270 d。沉湖湿地总面积为 21916 hm²，由王家涉湖、沉湖、张家大湖和黄丝河及其周边地区组成，沉湖湿地主要保护对象为典型湿地生态系统和珍稀水鸟，水源及野生动植物资源丰富，分布有东方白鹳、小天鹅、豆雁、鸿雁等国家保护鸟类。

3.2 智慧监测设备部署

鸟类监测无人值守作业平台应具备远程制定飞行计划、自动执行任务、远程监测等功能，数据获取端需具备可见光、热成像变焦等监测传感器，搭配无人机飞行云协同管理系统，实现自主作业和管理。

无人值守平台部署环境应具备网络、电源基本条件，安装位置四周开阔无遮挡，GPS 信号正常无干扰，飞行区域非禁飞区，且作业覆盖范围内。通过对以上实际业务场景深度分析，选取相关设备完成基础设施的搭建。

3.3 数据采集及应用

3.3.1 监测物种选择

在进行鸟类监测时，为了有效地开展样本收集和深度学习模型训练工作，研究按照以下原则选择监测物种：（1）通过查阅历史记录或者相关资料，选择历史上已经被观测到的鸟类作为监测对象，以便根据历史资料对物种进行监测；（2）选择在研究区域停留时

间较长且数量较多的鸟类进行监测，这些鸟类通常在该地区具有相对稳定的迁徙停歇地和繁殖地，有助于更好地理解研究区域的生态功能状况；（3）选择体型大小适中的鸟类进行监测，这些个体通常更容易被观测和识别，有利于提高数据收集的效率和准确性。研究选定绿头鸭（*Anas platyrhynchos*）等 11 种物种作为项目监测物种（表 1）。

3.3.2 影像采集

数据采集工作通过外部渠道收集和项目实施地获取的数据相结合的方式，保证数据样本的丰富性。

（1）外部渠道收集

通过各种渠道收集非项目实施地通过无人机采集的相应数据。

（2）项目实施地获取

研究首先根据研究需求，确定需要采集的数据类型和范围。然后根据采集目标和环境条件，选择合适的无人机型号和传感器，并制定详细的采集计划（图 2），包括飞行高度、速度、航线等。最后在实施区域，利用无人机和无人机机场飞行，自动执行测绘航线、航点任务，采集可见光、热成像、变焦等类型数据。



图 2 采集区域划分

3.4 AI 识别算法

3.4.1 数据预处理

1. 数据清洗，不同传感器的数据可能具有不同的分辨率及光谱范围和数据编码格式，需要对这些数据进行归一化处理。

- 2. 数据分类, 对数据进行分类, 包括有效/无效(空片)数据, 及差异较大的数据(如近景/远景数据)等。
- 3. 数据预处理, 对正射场景数据进行拼接, 还原真实场景, 便于标注者识别, 同时进行视频抽帧处理, 便于人工标注和核查。

3.4.2 数据标注

基于预处理后的数据, 全部统一加工处理, 绘制矢量标注框(图 3), 并判断物种种类, 填写属性, 逐步积累成样本数据库。



图 3 样本数据标注图

3.4.3 训练算法

选择 YOLOv8 作为鸟类目标检测算法, 该算法兼顾了准确率和速度, 在实际应用中被广泛使用 [9], 且在部署时也更加轻量级, 可以更好地适应不同的硬件环境, 能够在保证检测准确性的同时, 快速处理视频流数据 [11], 这对于无人机实时监测鸟类活动等应用场景来说非常重要。

选择 PP-HGNET 在鸟类图像分类任务上表现出色, 该算法采用了创新的混合网络结构, 将全局和局部信息有机地融合在一起, 从而提高了对鸟类图像的分类准确率。在处理鸟类图像时, PP-HGNET 能够有效地提取关键特征, 减少误判和漏判, 满足实际应用中对

准确性的要求 [8, 12]。

3.4.4 数据分析与应用

在数据标注完成后, 由专业人员对标注结果进行人工检查和验证, 以确保标注的准确性, 如果发现错误或不准确的标注, 需要进行修改或重新标注。标注完成后, 将标注与影像数据进行切片处理、输出, 标注文件格式及影像名称、类值和边界框等信息。随着数据的不断积累, 对标注数据及时进行更新和维护, 以保持数据的准确性和时效性。

AI 系统能够实时处理监测数据, 快速识别鸟类种类, 并对鸟类的行为进行分析, 包括鸟类的种群数量、可信度等。将 AI 监测系统集成到信息化管理平台中, 实现与现有管理系统的无缝对接。通过用户界面, 管理人员可以方便地查看监测结果和统计分析。

3.5 结果

3.5.1 数据采集

项目于 2023 年 9 月 1 日至 11 月 1 日, 累计飞行里程达 1265.79 公里, 飞行次数 201 次, 飞行时长 3579 分钟。机场获取到多种资料数据, 其中视频类型 984 份, 图片数 35979 张。基于此数据进行数据预处理工作, 标注 68960 只鸟类, 二次加工处理可见光和热成像正射影像数据 90 份以上, 分辨率 1 cm—5 cm 之间, 总面积大于 30 km²。

3.5.2 精度分析

将数据集划分为训练集和验证集, 经过多次训练和调参, 采用准确率、召回率、F1 得分、均值平均精度 (mAP) 等评估指标对模型性能进行量化评估, 通过对比不同模型的表现, 选择最优模型用于实际应用。模型通过对验证集的识别, mAP 综合精度达到 87.7% (表 1)。

表 1 识别精度统计

序号	学名	拉丁名	保护等级	验证集/张	识别精度 (AP) (%)
1	绿头鸭	Anas platyrhynchos	三有物种	200	91.1
2	斑嘴鸭	Anas zonorhyncha	三有物种	200	92.4
3	针尾鸭	Anas acuta	三有物种	200	86.1
4	红头潜鸭	Aythya ferina	三有物种	200	84.8
5	豆雁	Anser fabalis	三有物种	200	87.0
6	苍鹭	Ardea cinerea	三有物种	200	89.8
7	白琵鹭	Platalea leucorodia	国家 II 级	200	87.2
8	小天鹅	Cygnus columbianus	国家 II 级	200	88.9

序号	学名	拉丁名	保护等级	验证集/张	识别精度 (AP) (%)
9	普通鸬鹚	<i>Phalacrocorax carbo</i>	三有物种	200	85.5
10	灰鹤	<i>Grus grus</i>	国家Ⅱ级	200	88.5
11	反嘴鹬	<i>Recurvirostra avosetta</i>	三有物种	200	84.2
均值平均精度 (mAP)				87.7	

3.5.3 其他

项目实施期间，通过对两种传感器数据进行叠加，结合两传感器各自的特性，可以监测是否存在异常鸟类，项目监测周期内未发现鸟类死亡等异常情况。

4 优缺点

4.1 优点

- 1. 在应用上：对重点种群鸟类在不同时段、不同区域出现的频次、数量进行清晰的统计分析，为鸟类动态监测、疫源疫病监测、保护研究、趋势分析提供可靠的数据支撑。
- 2. 在技术上：a. 运用 AI 技术结合无人机搭载的不同传感器，对鸟类监测区域进行自主飞行作业，基于获取的数据，提取鸟类体貌特征，训练 AI 算法模型，实现对视频、图像及后处理的 DOM 影像中的鸟类种群及多目标识别和统计 [13]。b. 无人机结合 AI 技术，实现大范围、大尺度、大数量条件下的鸟类监测数据智能提取和判读，极大提高鸟类监测的时效性和准确性。

4.2 缺点

受设备自身影响，无人机单次航飞时长与监测区域面积大小、航线路径等息息相关，距离较远航飞需要时间更长，需合理规划航线。

5 展望

AI 在湿地鸟类监测中的应用前景广阔，它将推动监测技术的革新，提高生态保护的效率和效果，同时为科普教育提供新的工具和方法。

5.1 技术提升与监测系统优化

随着 AI 技术的快速发展，未来的鸟类监测系统将集成更先进的深度学习算法 [14]，将涉及到更高精度的识别算法、更广泛的数据采集技术，显著提升鸟类识别

的准确率和响应速度 [9]。轻量化模型如 PP-HGNet 的应用，使得在计算资源有限的设备上也能高效执行复杂的监测任务。实时监测能力的提升将有助于及时发现鸟类资源的潜在威胁，并迅速制定保护措施。

5.2 生态保护与可持续发展

通过长期、连续、精确的种群监测，AI 将帮助科学家和保护工作者更准确地了解鸟类种群的变化，为生态修复工程提供强有力的科学依据 [8, 9]，并据此优化和调整保护策略。AI 技术还将帮助监测非法捕猎和破坏湿地的行为，监测疫源疫病发生情况，有助于及时通知保护工作者采取行动，为保护生物多样性和维持生态系统完整性提供支持。

AI 监测系统可以向公众展示鸟类的多样性和生态价值，提高公众对湿地保护的意识。结合虚拟现实(VR)和增强现实(AR)技术，AI 可以提供互动式的鸟类观察体验，让公众更直观地了解鸟类的生活习性，增强其对鸟类及湿地保护的参与感和责任感。

5.3 法规遵循与伦理考量

AI 技术在鸟类监测中的应用同样需要关注法律法规和伦理问题 [15]。监测活动的合法性、对个人隐私的保护、以及对鸟类自然习性的最小干扰，都是实施 AI 监测时必须考虑的重要因素。随着技术的发展，相关的法规和伦理标准也需要不断更新和完善，以确保 AI 监测技术的负责任使用，同时最大限度地减少对鸟类生态环境的负面影响。

参考文献

- [1] Tian, S., J. Xu, J. Li, Z. Zhang, and Y. Wang, Research advances of Galliformes since 1990 and future prospects. Avian research, 2018. 9(1): p. 1-13.
- [2] 姚毅与彭祥林. 洞庭湖水鸟监测与研究. in 湖泊保护与生态文明建设——中国湖泊论坛. 2014.
- [3] 颜凤等, 围填海对湿地水鸟种群、行为和栖息地的影响. 生态学杂志, 2017. 36(7): 第 7 页.

- [4] 蒋敏等, 鸟类全景观测系统中的人工智能识别技术. 浙江林业科技, 2021.
- [5] 提浩, 自然场景下的人脸检测及表情识别算法研究, 2018, 北京交通大学.
- [6] 王虎诚等, 被动声学监测技术在九里湖湿地公园鸟类监测中的应用研究. 江苏林业科技, 2023. 50(3): 第 30-36 页.
- [7] 王庆合等, AI 鸟类监测识别系统在内乡湍河湿地的应用分析. 河南林业科技, 2024. 44(01): 第 39-40+43 页.
- [8] 汪洋, 基于深度学习的细粒度鸟类识别方法研究与系统实现, 2020, 南昌大学.
- [9] 周铁林, 基于深度学习的北方湿地鸟类识别方法研究, 2021, 沈阳理工大学.
- [10] 张雅千与韦璐璐, 人工智能理念在热带景观小区中的应用——以海南三亚凤凰山居为例. 世界生态学, 2022. 11(4): 第 7 页.
- [11] 汤静雯, 赖惠成与王同官, 远距离情形下的改进 YOLOv8 行人检测算法. 计算机工程, 2024.
- [12] 杨硕等, 基于路测图像与改进 ResNet50 网络的自动驾驶场景天气识别算法. 汽车与新动力, 2024. 7(02): 第 15-22 页.
- [13] 晏宏亮, 基于深度学习的东洞庭湖鸟类识别研究, 2022, 湖南农业大学.
- [14] 王元卓, 靳小龙与程学旗, 网络大数据:现状与展望. 计算机学报, 2013. 36(6): 第 1125-1138 页.
- [15] 吕丹阳等, 生成式人工智能在公共服务中应用的机遇与挑战. 电子科技大学学报社科版, 2024. 26(3): 第 1-11 页.