

基于熵权法的安徽省湿地重要性评估

江婉舒^{1, 2} 周立志^{1, 2} 周小春³¹

(1. 安徽大学 资源与环境工程学院, 安徽 合肥 230601;

2. 湿地生态保护与修复安徽省重点实验室, 安徽大学, 安徽 合肥 230601;

3. 安徽省湿地保护中心, 安徽 合肥 230001)

【摘要】: 湿地重要性评估是湿地生态系统功能有效管理的基础性工作, 湿地功能要素的识别是科学、客观地评估湿地的保护价值及其重要性的前提条件, 同时是识别湿地保护地空缺, 加强湿地保护规划的重要基础。结合安徽省湿地特点, 采用熵权法从湿地的必要性、稀有性、及其调节功能、资源功能等 9 个方面选取 22 个指标, 构建了安徽省湿地重要性评估指标体系, 对安徽省湿地斑块进行生态保护价值重要性评估, 并根据自然断裂法, 将安徽省湿地划分为极重要、高度重要、较重要和一般重要湿地, 同时利用主成分分析法对湿地重要性的影响因素进行分析。结果表明: 安徽省湿地重要性评估分值在 0.9741~6.5588 之间, 其中极重要湿地(4.0271~6.5588)居多, 主要分布在长江、淮河流域, 面积约 50.30 万 hm^2 , 占研究区域湿地面积的 48.29%, 高度重要湿地(2.4049~4.0270)约 13.25 万 hm^2 , 较重要湿地(1.4351~2.4048)面积约 18.17 万 hm^2 , 一般重要湿地(0.9741~1.4350)约 22.40 万 hm^2 , 零星分布于全省; 湿地鸟类资源、国家重点保护物种数、水资源、水质以及湿地的自然性等是安徽省湿地重要性的主要影响因素。建立的评估指标体系和评估结果为安徽省湿地的保护价值定位、优先建立建设和等级划分管理提供理论依据。

【关键词】: 湿地 重要性评估 熵权法 主成分分析

【中图分类号】: X826 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1004-8227(2021)05-1164-11

湿地是介于水陆之间独特、重要的自然生态系统, 它不仅能够以直接或间接的方式为人类社会提供生存环境和各种自然资源, 同时在蓄洪防旱、净化水质、调节气候、物种保护等方面具有极其重要的作用, 是维持地球生物多样性和生态平衡的重要基石, 更是人类赖以生存和可持续发展的重要保障^[1,2]。然而伴随着社会经济的迅速发展, 湿地受破坏严重, 湿地面积萎缩、生态功能退化、保护力度弱等问题凸显, 湿地生态系统面临着严重的威胁, 加强湿地保护工作迫在眉睫。湿地自然保护区是中国自然保护区网络体系的主体之一。目前以湿地自然保护区为主体, 湿地公园、湿地保护区等多种保护管理形式并存的保护管理体系已经形成, 但由于我国的自然保护区多在“抢救式”的策略指导下进行的, 保护区建设速度快, 且缺乏地域保护区建设的整体性, 仍有一些具有重要保护价值的湿地没有得到足够的重视和保护^[3]。因此, 采用科学、合理的方法对湿地生态系统的保护价值进行重要性评估和优先排序, 对安徽省湿地保护的管理与规划建设具有重要意义。

作者简介: 江婉舒(1993~), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为环境生态与资源管理。E-mail: jws357163.com

周立志, E-mail: zhoulzahu.edu.cn

基金项目: 安徽湿地保护空缺地分析课题深化研究项目(GEF20181201); 国家自然科学基金项目(31472020)

湿地生态系统评价是生态科学和湿地科学的系统结合。20 世纪初, 美国为建立野生动物保护区, 特别是对迁徙鸟类、珍稀动物的保护, 率先开展了湿地的评价工作; 1994 年, Larson^[4]建立了世界上第一个湿地生态评价模型, 该模型可以快速实现对湿地生态功能的评价; 随后各国在湿地评价方面相继展开研究^[5~7]。我国学者王治良等^[8~10]针对中国的湿地状况构建评价指标体系, 对我国湿地进行了评价; 在湿地生态系统评价中, 会根据不同的湿地类型(湖泊、河流、沼泽等)选取不同的评价指标^[11, 12], 但由于环境背景和研究目标的差异, 指标体系将无法得到更系统、更深入的研究, 且在评价过程中, 对不同指标分别评价是很繁杂困难的工作, 因此需要构建整体的评价模型, 将湿地类型所具有的共性提取出来进行指标的确定^[13]。国内外对于湿地的保护价值评价指标的选择具有极大的相似性, 主要关注野生动植物生境的自然性、典型性, 以及物种的多样性、特有性等内容^[14~16]。目前国内湿地的评价主要是结合专家咨询法、层次分析法、主成分分析法等构建评价指标体系来赋权赋值^[17~19], 为我国的湿地规划和管理提供了科学依据, 但评价缺乏统一的标准, 且大多数功能评价以定性描述为主, 缺乏系统分析和有效的定量分析, 评价过程相对缺乏新标准的引入和空间技术的运用, 从而难以有效掌握全国及各地区的湿地保护价值状况, 进而影响了对湿地资源的保护和管理。由于地域特征、功能区划以及生态环境等因素的差异都会对湿地的重要性产生很大影响, 因此, 研究构建一套适用于安徽湿地重要性的评估方法对安徽湿地的保护和发展显得尤为重要, 对邻近地区的湿地重要性评估也有参考价值。

安徽省湿地资源丰富、类型多样, 坐拥长江、淮河和新安江三大水系, 湖泊众多, 区位重要, 不仅是长三角的重要生态屏障, 也是东亚-澳大利亚迁徙水鸟的重要越冬地和停歇地。安徽省高度重视湿地保护, 颁布了《安徽省湿地保护条例》, 制订和实施《安徽省湿地保护修复制度实施方案》, 不断加强湿地保护工作, 湿地类型自然保护区和湿地公园保护下的湿地总面积占省内湿地面积的 49.5%, 但安徽省湿地保护体系依然不够完善, 仍有很多具有重要生态功能的湿地未被保护或保护力度不够, 存在保护空缺。本文从湿地生态系统的保护价值出发, 以安徽省 8hm² 及以上的湿地斑块为研究对象, 结合安徽省湿地生态系统特点及突出的水鸟特色, 构建安徽省湿地重要性评估指标体系, 科学评估每块湿地的保护价值及重要性程度, 结合空间技术的运用, 采用自然断裂法对湿地重要性进行分级分区, 并运用主成分分析法找出湿地重要性的主要影响因素, 为今后安徽省湿地资源的综合保护、科学管理和规划提供理论依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

安徽省地跨南北, 承东启西, 沿江通海, 地跨长江、淮河和新安江三大流域, 境内河流纵横、湖泊密布、水系发达, 湿地类型及生境多样, 沉陷区独具特色。全省气候温暖湿润, 年均气温 14℃~17℃, 年均降水量约 1200mm, 水资源总量约 700 亿 m³, 全省 8hm² 及以上的湖泊湿地斑块, 以及宽度 10m 以上、长度 5km 以上的河流湿地斑块, 总面积有 104.18 万 hm², 占省国土面积的 7.47%, 为全国湿地资源最丰富的省份之一。安徽湿地类型可划分为河流湿地、湖泊湿地、沼泽湿地和人工湿地 4 类, 其中湖泊湿地占比最大, 达 34.66%, 其次是人工湿地。安徽湿地主要集中在长江、淮河流域, 其中, 湿地总面积排在前三位的行政区域分别是安庆市、合肥市、六安市。省内湿地生物多样性丰富, 有湿地维管束植物 676 种, 属国家重点保护的有 12 种, 湿地脊椎动物有 594 种, 国家重点保护野生动物有 64 种。珍稀濒危物种多, 每年有 20 万只以上东亚-澳大利迁徙路线上的水鸟在此越冬栖息和停歇。

截至 2018 年 12 月, 全省湿地类型自然保护区达 23 处、湿地公园 64 处、湿地保护小区 105 处, 国际重要湿地 1 处、国家重要湿地 5 处、省重要湿地 52 处, 已建湿地类型自然保护区、湿地公园、湿地保护小区总面积达 50.82 万 hm², 使 50% 的天然湿地得到有效保护, 但保护体系外仍有大量湿地保护空缺。如何确定湿地的优先保护和建设, 就需要对湿地的价值定位有整体的认识, 进而准确有效地建立保护区, 这对推动安徽省的湿地保护建设具有重大的现实指导意义。

1.2 数据来源及处理

1.2.1 遥感数据

遥感影像数据来源于地理空间数据云下载的美国地质勘探局 (USGS) Landsat8-OLI 数据, 选取 2013~2016 年 7、8、9 月丰水期云量平均低于 2% 的安徽省全境遥感影像, 轨道号分别为 120~38、120~39、121~37、121~38、121~39、122~36、122~37、122~38、122~39, 数据分辨率为 30m, 融合后分辨率为 15m。利用 ENVI5.1 软件对遥感影像解译, 并进行大气校正、影像镶嵌、裁剪和湿地信息提取等, 矢量化处理得到湿地资源的空间分布。

1.2.2 生态环境数据

水资源量、供水、水质数据来源于 2016、2017 年各地市水资源公报, 其中供水指标数据依据资料定性判定; 气象数据来源于《安徽省第二次湿地资源调查公告》、《中国湿地资源-安徽卷》、《安徽湿地》、《安徽河湖概览》以及相关网站查询等, 并根据安徽省气象灾害年鉴, 统计计算各市 2015~2017 三年的平均气温, 将湖区气温与所在地区平均气温对比得出各湿地调节气候的值; 产品供给、科研教育、湿地类型、湿地生境等指标数据通过相关书籍、文献记载以及统计年鉴定性判定; 湿地旅游数据来源于安徽省统计年鉴、相关网页及文献记载; 湿地鸟类、湿地维管束植物种类和数量以及重点保护物种数等数据来源于安徽省林业厅、安徽省野生动植物资源保护站、湿地公园总体规划、科考报告、文献查阅及近年来湿地调查数据; 越冬水鸟数据来源于 2016、2019 年安徽省冬季水鸟同步调查期间的数据; 湿地面积数据通过 ArcGIS10.4 软件计算得出; 空间连通性根据安徽省水文遥测网与 GoogleEarth 对照结合, 利用闸坝分布的位置、与主水系间距离、道路阻隔等现象定性判定。

以 8hm^2 及以上湿地斑块为评估单元, 在 ArcGIS10.4 软件中, 建立专题数据图层, 对矢量水体数据进行编辑和运算。

1.3 湿地重要性评估指标体系构建

1.3.1 指标选取

结合安徽湿地生态系统的特点, 遵循科学性、综合性、客观性、主导性、可操作性和实用性原则^[20], 借鉴《国际重要湿地的指定标准》、《国家重要湿地确认办法》以及《安徽省生态保护红线划定技术指南》, 从生态服务功能重要性和生态保护功能重要性两方面构建安徽省湿地重要性评估指标体系^[21], 分为目标层、准则层和指标层 3 个层次, 采用湿地试评估和因子分析相结合的方法筛选指标, 共选取 22 个指标^[22~24]。

1.3.2 评估赋值标准

将生态服务功能重要性和生态保护功能重要性分为极重要、高度重要、较重要和一般重要 4 个等级, 并对每个等级依次赋值 7、5、3、1。对于可量化指标的数据, 利用四分位法, 以各指标频数的 $[0, 25\%)$ 、 $[25\%, 50\%)$ 、 $[50\%, 75\%)$ 和 $[75\%, +\infty)$ 分别作为一般重要、较重要、高度重要和极重要区间, 在相应的档位区间进行赋值^[11, 25]。对于定性指标, 参考国际重要湿地、国家和省级自然保护区等湿地生态系统以赋分。

1.3.3 指标权重的确定

权重的确定方法大致可分为主观赋权法(专家咨询法、层次分析法、二项系数法等)和客观赋权法(熵权法、主成分分析法、均方差法等)。主观赋权法主要依据研究者的知识经验或偏好, 按照其重要性程度对各指标进行比较、赋值从而计算出权重, 易受人为因素影响。客观赋权法主要以数据信息为基础, 根据各指标传递给决策者的信息量大小来确定其权数, 精确度高, 客观性更强, 可以规避主观赋权法的人为因素影响^[26~28]。由于本研究指标较多, 主观赋权法易产生判断模糊, 因此采用熵权法确定指标权重。利用熵权法确定权重的主要思路如下:

(1) 原始数据矩阵标准化

设由 m 个评估指标、 n 个评估对象构成的原始数据矩阵为

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix} \quad (1)$$

用极值法对矩阵标准化得到矩阵:

$$P = (p_{ij})_{m \times n} \quad (2)$$

式中: p_{ij} ($0 \leq p_{ij} \leq 1$) 为第 j 个评估对象在第 i 个指标上的标准值。

对于大者为优的指标而言, 归一化公式为:

$$p_{ij} = \frac{x_{ij} - \min\{x_{i\bar{j}}\}}{\max\{x_{i\bar{j}}\} - \min\{x_{i\bar{j}}\}} \quad (3)$$

对于小者为优的指标而言, 归一化公式为:

$$p_{ij} = \frac{\max\{x_{i\bar{j}}\} - x_{ij}}{\max\{x_{i\bar{j}}\} - \min\{x_{i\bar{j}}\}} \quad (4)$$

(2) 定义熵

将第 i 个指标的熵定义为:

$$H_i = -k \sum_{j=1}^n f_{ij} \ln f_{ij} \quad (5)$$

$$f_{ij} = \frac{p_{i\bar{j}}}{\sum_{i=1}^m p_{i\bar{j}}} \quad (6)$$

式中: $k = \frac{1}{\ln n}$, n 为评估对象个数, 且当 $f_{ij}=0$ 时, 令 $f_{ij} \ln f_{ij}=0$ 。

(3) 定义熵权

在定义第 i 个指标熵值的基础上, 将其熵权定义为

$$W_i = \frac{1 - H_i}{m - \sum_{i=1}^m H_i} \quad (7)$$

式中: $0 \leq W_i \leq 1, \sum_{i=1}^m W_i = 1。$

1.3.4 重要性评估方法

采用加权求和公式计算重要性得分, 计算公式为:

$$R = \sum_{i=1}^m W_i S_i \quad (8)$$

式中: R 为重要性得分; m 为评估指标个数; W_i 为各评估指标的权重; S_i 为评估指标的赋值分数。 R 值越大表明湿地重要性程度越高, 反之重要性程度就越低。

根据湿地重要性指数, 利用自然断裂法^[29], 将评估结果进行重要性等级划分。

1.4 湿地重要性的影响因素分析

由于湿地重要性评估是由多个指标组成的复杂系统, 各指标间存在着紧密联系, 在分析过程中可能会因为指标间的共线性而无法得到正确结论^[30], 同时变量太多会增加分析问题的复杂性。主成分分析是一种降维的多元统计方法, 可以将多指标组合为少量具有代表性的综合指标, 并尽可能多的反映原来变量的信息^[31], 依此筛选出主要影响因素。

本研究通过统计软件 SPSS22.0 对指标体系的 22 项评估指标进行主成分分析。根据特征值计算各主成分的方差贡献率和累计方差贡献率来分析其影响程度, 找出湿地重要性评估过程中起主要作用的关键因子。

2 结果与分析

2.1 湿地重要性评估

2.1.1 生态服务功能重要性

根据评估公式计算得到各湿地生态服务功能重要性值在 0.2472~2.6562 之间, 主要集中在长江、淮河流域, 得分较高的有升金湖(2.6562)、巢湖(2.4820)、菜子湖(2.4604)等, 主要集中在长江、淮河流域。其中, 调节功能的值在 0.0149~0.7182 之间, 太平湖、长江干流、淮河干流均为最高分(0.7182), 升金湖、南漪湖、东西湖和瓦埠湖得分次之(0.6884); 资源功能的值在 0.0100~0.2681 之间, 升金湖、武昌湖、南漪湖、花亭湖、菜子湖和万佛湖得分最高(0.2681), 重要区域主要分布在水质较好的沿江湖泊以及水库; 社会文化功能的值在 0~0.3892 之间, 得分居前的有升金湖(0.3892)、巢湖(0.3448)、菜子湖(0.3448)等,

主要为国家自然保护区、国家湿地公园及重要湿地等;维持生物多样性功能的值在 0.1953~1.3671 之间,得分高的有菜子湖(1.3671)、十八索(1.3345)、武昌湖(1.2713)等,主要分布在长江、淮河以及新安江沿岸。

2.1.2 生态保护功能重要性

通过计算得到湿地生态保护功能重要性值在 0.6855~3.9026 之间,重要区域主要集中在长江及淮河两岸地区,得分靠前的为升金湖(3.9026)、武昌湖(3.8408)、淡水豚保护区(3.8110)等。其中,必要性值在 0.2118~1.7031 之间,升金湖、菜子湖、武昌湖、嬉子湖、淡水豚保护区得分最高(1.7031),龙感湖次之(1.6401);稀有性值在 0.1221~0.8547 之间,重要区域主要为升金湖(0.8547)、焦岗湖(0.8547)、太平湖(0.8547)以及扬子鳄保护区(0.8069)等多分布国家保护动植物的湿地。

自然性值在 0.0313~0.2191 之间,秋浦河、清凉峰、新安江得分最高(0.2191),重要区域主要为未受干扰的自然状态良好的湿地;代表性值在 0.0689~0.4823 之间,其中淡水豚保护区湿地位于榜首(0.4823),升金湖、武昌湖得分(0.4305)次之;适宜性的值在 0.1670~0.7578 之间,升金湖、菜子湖、武昌湖、龙感湖、瓦埠湖等得分最高,重要区域主要为水质较好的沿江湖泊。

2.1.3 湿地重要性综合评估

将评估结果划分为 4 个重要性等级: I $0.9741 \leq R \leq 1.4350$, II $1.4351 \leq R \leq 2.4048$, III $2.4049 \leq R \leq 4.0270$, IV $4.0271 \leq R \leq 6.5588$ (图 1)。

根据安徽省湿地特点,将综合评估指数 $4.0271 \leq R \leq 6.5588$ 的湿地,如升金湖、菜子湖、武昌湖、龙感湖、石臼湖、花亭湖、巢湖、黄陂湖、淡水豚保护区湿地等定为极重要湿地,面积约 50.30 万 hm^2 ,占研究区域湿地面积的 48.29%,该区域湖泊水系连通性好,生物多样性丰富,珍稀濒危物种多,是水鸟的重要越冬迁徙地和繁殖地,多为国家自然保护区、国家湿地公园和水源保护地。

将综合评估指数 $2.4049 \leq R \leq 4.0270$ 的湿地,如泊湖、瓦埠湖、八里河、秋浦河等定为高度重要湿地,主要分布在淮河、新安江及长江水系,面积约 13.25 万 hm^2 ,占省内湿地面积的 12.72%,该区域多为省自然保护区、国家湿地公园和水源涵养地,生物资源丰富,生态环境良好,分布有珍稀濒危物种,也是水鸟的越冬迁徙地。

将综合评估指数 $1.4351 \leq R \leq 2.4048$ 的湿地,如黄河故道、安丰塘水库、磨子潭水库等定为较重要湿地,面积约 18.17 万 hm^2 ,占研究区域湿地面积的 17.45%,该区域主要为二级及以下河流和水库等,生态状况一般,周边人口密度大,易受到污染及破坏;将综合评估指数 $0.9741 \leq R \leq 1.4350$ 的湿地定为一般重要湿地,面积约 22.40 万 hm^2 ,占研究区域湿地面积的 21.50%,该类湿地零星分布于全省,湿地斑块面积相对较小,生境状况较差。



图 1 安徽省湿地重要性分级

2.2 湿地重要性的影响因素分析

经 SPSS 软件分析得到 KMO 检验结果为 0.708 > 0.600, Bartlett 球体检验为 0.000, 统计量显著, 说明该数据集可以进行主成分分析。

根据各指标间的相关程度对 22 个指标进行主成分提取。为了使提取出的主成分更具有代表性、贡献率更清晰可靠, 对因子荷载进行旋转, 得到的主成分特征值及贡献率, 旋转后的主成分荷载。可以看出前 7 个主成分的特征值大于 1, 且对总方差的累计贡献率为 74.871%, 基本保留了原来指标的信息, 因此可以用这 7 个主成分代表原来的指标。

第 1 主成分的方差贡献率为 18.425%, 它的主要代表要素为迁徙路线 1%标准的鸟类种数和湿地鸟类数量, 均呈正向分布, 其指标权重系数分别为 0.1361、0.1311 和 0.0757, 反映了这两个指标是影响湿地生态重要性的主要因素, 可定义 F1 为湿地鸟类资源。

第 2 主成分的方差贡献率为 17.530%, 它的主要代表因素为国家 II 级重点保护动植物种数、湿地鸟类种数、科研教育和国家 I 级重点保护动植物种数等指标, 说明这些指标为湿地重要性的重要影响因素, 其中科研教育价值与该区域内受保护的物种数密切相关, 可将 F2 定义为国家重点保护物种数。

第 3 主成分载荷值较高的是蓄水调洪和供水等指标, 可将 F3 定义为湿地水资源; 水质条件对第 4 主成分的贡献率最大, 是湿地功能的重要影响因子, 将 F4 定义为水质; 第 5 和第 6 主成分主要综合了威胁程度和自然状态等指标, 即湿地生态系统的自然性对湿地影响较大; 第 7 主成分的代表因素是调节气候指标, 反映调节功能在一定方面影响着湿地的重要性程度。

3 讨论

本研究以安徽省 8hm² 及以上湿地斑块为研究对象, 通过构建指标体系对安徽省湿地进行重要性评估, 并分析主要影响因子, 以期对加强安徽省湿地保护管理发挥积极作用。采用定性与定量指标相结合来构建评估指标体系, 既可以较完整地描述湿地生态特征, 对其生态状况进行判定或分级, 又可以计算和比较湿地的各项功能^[32]。

利用收集的数据利用熵权法确定指标的权重, 避免了主观性干扰^[10,33], 并根据单变量频数分布-四分位法建立评估赋值标准, 科学地评估赋分, 评价结果更加客观^[12]。结合空间技术的运用, 采用自然断裂法对湿地重要性进行分级, 并运用主成分分析法找出湿地重要性的主要影响因素, 实现对湿地的重要性评估和优先管理。

在本研究的各指标中, “迁徙路线 1%标准的鸟类种数”权重最高, “湿地鸟类数量”其次, 主成分分析结果也表明这两项指标是影响湿地重要性的主要因素, 这与国际重要湿地的相关标准条件“定期栖息有 2 万只或更多的水禽”、“定期栖息的某一水禽物种或亚种的个体数量占该种群个体数量的 1%以上”相吻合。研究显示湿地鸟类, 特别是濒危水禽多为食物链的顶级物种, 对湿地生态系统健康具有一定的指示意义, 且其种群分布数量和种群动态易于观测统计^[34], 在湿地生态评估和保护中具有不可替代的作用。

研究结果显示安徽省极重要湿地有 50.30 万 hm², 高度重要湿地有 13.25 万 hm², 这些湿地多数分布在国家级和省级自然保护区内, 或是已建立不同规模的湿地公园, 但仍有部分极重要湿地未建立保护地, 如瓦埠湖湿地面积较大, 重要性评估得分较高, 具有重要的生态服务功能, 且湖区内定期栖息有 IUCN 受胁物种鸿雁 (*Ansercygnoides*)、罗纹鸭 (*Anasfalcata*) 等鸟类, 应建立保护区予以保护。

南漪湖湿地水域面积大, 具有重要的蓄水调洪和产品供给功能, 湿地类型多样, 生物多样性丰富, 是动植物良好的栖息场所, 应考虑新建保护区; 巢湖作为中国重要湿地, 五大淡水湖泊之一, 且水鸟与湿地维管束植物种类较多, 生态功能特殊, 但受到人类活动干扰较多, 巢湖虽然建有数个湿地公园, 并未建立大面积有效的保护区域, 保护范围和级别相对于其湖泊面积和重要的生态功能并不相符, 需要加强保护措施, 建议通过设立国家公园重点加以保护。

此外, 黄陂湖虽是一个小型的湖泊湿地, 但其作为水鸟重要栖息地的保护价值极高, 应当加强保护。保护体系外的重要湿地还有不少, 亟待采取有效的保护措施。本研究的湿地评估结果及其重要性等级划分, 为管理部门提供了每个湿地斑块的重要性值及其空间分布情况, 使各管理主体直观地掌握各湿地的保护价值, 同时为安徽省湿地管理部门统筹省内湿地的发展和建设, 以及识别保护空缺、优先保护和实施湿地的分级分区管理提供依据和思路^[33], 从而保障安徽省湿地的持续健康发展。

本文的研究还存在不足之处, 由于部分湿地缺乏齐全准确的资料数据, 故对部分评估指标进行了定性评估, 今后在指标的选取上, 应尽量选取可定量评估的指标, 减少人为主观因素对研究结果的影响, 同时各湿地管理部门应加强湿地生态环境方面基础数据的积累。另一方面, 由于本研究的数据样本量大, 湿地生态系统复杂多样, 未能针对不同类型的湿地特点制定不同的评估标准, 后期有待于进一步的研究。

湿地生态系统重要性评估是为管理者服务的, 评估时应考虑方法的实用性, 与实际相结合, 增加评价的客观性, 满足实践运用的需要^[35,36], 以期为湿地的保护、管理和建设提供切实的帮助。

4 结论

(1) 安徽省湿地生态保护价值总体较高, 其中极重要湿地居多, 约占省内湿地面积的一半, 达 50.30 万 hm², 高度重要湿地约 13.25 万 hm², 较重要湿地面积约 18.17 万 hm², 一般重要湿地约 22.40 万 hm², 重要湿地多分布于长江、淮河流域。大部分重

要湿地已在湿地保护体系内，但仍有少数具有重要生态功能的湿地如瓦埠湖和黄陂湖等，需要加强保护。

(2)湿地单元内迁徙路线1%标准的鸟类种数和湿地鸟类数量是湿地重要性的主要影响因素，国家重点保护物种数、水资源、水质以及湿地的受威胁程度、自然状态等是湿地重要性的重要影响因素。

(3)本研究的成果有助于全面认识安徽省湿地的生态保护价值，了解各湿地的价值定位，掌握湿地重要性的影响因素，同时对湿地资源的综合保护和科学管理具有一定的参考价值。

参考文献:

[1]陈宜瑜, 吕宪国. 湿地功能与湿地科学的研究方向[J]. 湿地科学, 2003, 1(1):7-11.

[2]刘登辉. 湿地保护对生态文明建设的影响[J]. 农业技术与装备, 2019, (2):59-61.

[3]孙锐, 崔国发, 雷霆, 等. 湿地自然保护区保护价值评价方法[J]. 生态学报, 2013, 33(6):1952-1963.

[4]LARSON J S. Rapid assessment of wetlands:History and application to management in Mitsch[J]. Global Wetlands: Old World and New, 1994:623-636.

[5]KONISKY R A, BURDICK D M, DIONNE M, et al. A regional assessment of salt marsh restoration and monitoring in the gulf of Maine[J]. Restoration Ecology, 2006, 14(4):516-525.

[6]KUMAR J L G, ZHAO Y Q. A review on numerous modeling approaches for effective, economical and ecological treatment wetlands[J]. Journal of Environmental Management, 2011, 3, 92(3):400-406.

[7]RESTREPO J D, CANTERA J R. Discharge diversion in the Patia River delta, the Colombian Pacific:Geomorphologic and ecological consequences for mangrove ecosystems[J]. Journal of South American Earth Sciences, 2013, (46):183-198.

[8]王治良, 王国祥. 洪泽湖湿地生态系统健康评价指标体系探讨[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(6):152-155.

[9]田辉, 孙岐发, 都基众. 敬信湿地生态综合评价[J]. 湿地科学, 2014, 12(1):122-126.

[10]徐红玲, 潘继征, 徐力刚, 等. 太湖流域湖荡湿地生态系统健康评价[J]. 湖泊科学, 2019, 31(5):1279-1288.

[11]崔保山, 杨志峰. 湿地生态系统健康评价指标体系 I. 理论[J]. 生态学报, 2002, 22(7):33-39.

[12]郑姚闽. 湿地类型自然保护区保护价值评价及保护空缺分析研究[D]. 北京:北京林业大学, 2010.

[13]周静, 万荣荣. 湿地生态系统健康评价方法研究进展[J]. 生态科学, 2018, 37(6):209-216.

[14]陈翠, 刘贤安, 闫丽丽, 等. 四川南河国家湿地公园生态系统服务价值评估[J]. 湿地科学, 2018, 16(2):209-216.

[15]郭子良, 邢韶华, 崔国发. 自然保护区物种多样性保护价值评价方法[J]. 生物多样性, 2017, 25(3):312-324.

-
- [16]宋爽,田大方,毛靓. 国家湿地公园社会功能评价指标体系构建及应用——以白渔泡国家湿地公园为例[J]. 湿地科学, 2019, 17(2):237-243.
- [17]杨秀林. 湿地生态安全的标志与评价指标体系的初探[D]. 长春:东北师范大学, 2009.
- [18]隋群. 山东省湿地生态系统服务功能价值评价[D]. 济南:山东师范大学, 2014.
- [19]钱逸凡,刘道平,楼毅,等. 我国湿地生态状况评价研究进展[J]. 生态学报, 2019, 39(9):3372-3382.
- [20]周伟,赵晓东,李旭,等. 湿地生态旅游管理评价指标体系构建——以云南4个高原国际重要湿地为例[J]. 北京林业大学学报(社会科学版), 2010, 9(3):63-68.
- [21]张崢,朱琳,张建文,等. 我国湿地生态质量评价方法的研究[J]. 中国环境科学, 2000, 20(S1):55-58.
- [22]胥彦玲. 基于景观生态学的生态系统服务功能评价——以甘肃省为例[D]. 西安:西北大学, 2003.
- [23]CHEN W, CAO C X, LIU D, et al. An evaluating system for wetland ecological health: Case study on nineteen major wetlands in Beijing-Tianjin-Hebei region, China[J]. Science of the Total Environment, 2019, 666:1080-1088.
- [24]俞小明,石纯,陈春来,等. 河口滨海湿地评价指标体系研究[J]. 国土与自然资源研究, 2006(2):42-44.
- [25]聂宇一. 江西省森林生态类型自然保护区保护价值评价研究[D]. 南昌:江西师范大学, 2014.
- [26]刘利霞,王凤兰,徐永新. 基于熵权法的区域农村饮水安全评价——以云南省为例[J]. 水资源与水工程学报, 2009, 20(1):99-103.
- [27]FENG Y Q, LI X M, LI X W. Comprehensive evaluation method for the railway safety based on the entropy method and the grey relation analysis[J]. Journal of Safety and Environment, 2014, 14(2):73-79.
- [28]张佳琦. 基于熵值法评估陕西省水资源开发利用程度[J]. 地下水, 2011, 33(5):179-180.
- [29]汪樱,李江风. 基于生态服务价值的乡镇土地利用功能分区——以湖北省神农架木鱼镇为例[J]. 国土资源科技管理, 2013, 30(6):20-27.
- [30]杜耘,陈萍, Kieko SATO, 等. 洪湖水环境现状及主导因子分析[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(4):481-485.
- [31]吕唤春,陈英旭,方志发,等. 千岛湖水体营养物质的主导因子分析[J]. 农业环境保护, 2002, 21(4):318-321.
- [32]王瑞玲,连煜,黄锦辉,等. 黄河重要湿地生态功能评价及优先保护次序研究[J]. 水利水电技术, 2013, 44(11):14-19.
- [33]吴后建,但新球,刘世好,等. 湖南省国家湿地公园保护价值评价[J]. 应用生态学报, 2017, 28(1):239-249.
- [34]郭云,梁晨,李晓文. 基于水鸟保护的长江流域湿地优先保护格局模拟[J]. 生态学报, 2018, 38(6):1984-1993.

[35]吴玲玲,陆健健,童春富,等.长江口湿地生态系统服务功能价值的评估[J].长江流域资源与环境,2003,12(5):411-416.

[36]王子鹏,周小春,周立志.安徽省湿地公园建设成效评估研究[J].湿地科学,2019,17(5):527-535.