

城市湿地生态系统保护规划技术路径构建与实践

——以湖北省潜江市湿地保护规划项目为例

□ 刘梦瑶, 胡海艳, 王丽娜, 周 燕, 郭诗怡

[摘 要] 湿地是极为珍贵的自然资源, 具有多种生态系统服务功能。在城市快速发展的背景下, 湿地资源被过度利用和侵占, 生态系统服务功能退化明显。目前, 湿地保护规划缺少系统完整的技术框架, 如何保护湿地生态系统服务功能, 平衡湿地保护与发展的矛盾, 以预见性的方式科学划定湿地保护范围是湿地保护规划工作的关键。因此, 文章旨在从评价及预测两个方面构建一套切实可行的湿地保护规划工作路径: 创新应用 ES 服务评估和 FLUS 情景模拟, 通过对湿地生态系统多种服务功能的综合评价及湿地发展变化模拟来确定湿地保护对象及范围; 以湖北省潜江市湿地保护规划为例, 利用评价结果从源地识别及生态廊道选线等方面构建湿地分级分区保护格局; 结合 FLUS 模型模拟湿地退化过程, 提取敏感湿地, 完善与优化湿地保护生态网络体系并建立湿地保护技术框架。文章以预见性的方式探寻多种生态系统服务功能复合的湿地保护方法, 为构建功能复合的湿地生态保护网络提供新的规划视角。

[关键词] 湿地保护; 生态系统保护; ES 服务评估; 情景模拟; 敏感湿地

[文章编号] 1006-0022(2022)03-0103-07 **[中图分类号]** TU984 **[文献标识码]** B

[引文格式] 刘梦瑶, 胡海艳, 王丽娜, 等. 城市湿地生态系统保护规划技术路径构建与实践——以湖北省潜江市湿地保护规划项目为例 [J]. 规划师, 2022(3): 103-109.

Wetland Ecological Preservation Methods and Practice: A Case in Qianjiang City, Hubei Province/Liu Mengyao, Hu Haiyan, Wang Lina, Zhou Yan, Guo Shiyl

[Abstract] Wetland is an invaluable resource with bio-diversity. It is being overused and even occupied in fast urbanization and is degrading in ecological service. A systematic technical framework is needed to balance ecological protection and development of wetlands. This study aims to construct a feasible wetland protection planning work path from two aspects of evaluation and prediction: 1. The innovative application of ES service evaluation and FLUS scenario simulation is conducted to determine the object and scope of wetland protection; 2. Taking Qianjiang Wetland protection planning as an example, this paper tries to use the evaluation results to construct a hierarchical and zoned wetland protection pattern from the aspects of source identification and ecological corridor selection; 3. FLUS simulation of wetland degradation is used to extract sensitive wetlands, and improve the ecological network system and establish the technical framework of wetland protection. The research predictability explores the wetland protection methods with multiple ecosystem functions and provides a new planning perspective for the construction of wetland ecological protection network.

[Key words] Wetland protection, Ecosystem conservation, ES service evaluation, Simulation, Sensitive wetlands

0 引言

湿地是水陆相互作用形成的自然综合体, 其作为重要的自然生态系统之一, 具有调节气候、供应淡水、维

护生物多样性等多种功能^[1], 对于维护城市生态平衡、提升城市生态品质具有重要意义^[2]。在我国快速城镇化的过程中, 湿地资源被过度利用和侵占, 生态系统服务功能退化明显, 湿地生态斑块破碎、淡水储量减少、

[基金项目] 2021 年武汉市自然资源与规划局研究课题、国家自然科学基金项目 (71774214)、国家自然科学基金项目 (72174158)

[作者简介] 刘梦瑶, 武汉大学城市设计学院规划系硕士研究生。

胡海艳, 高级工程师, 注册城乡规划师, 湖北省规划设计研究总院有限责任公司规划四院副院长。

王丽娜, 高级工程师, 湖北省城市规划设计研究院四院总工程师。

周 燕, 通讯作者, 武汉大学城市设计学院规划系副教授、硕士生导师。

郭诗怡, 武汉大学城市设计学院规划系讲师。

防洪调蓄功能下降等问题突出。自 1992 年我国加入《湿地公约》后,湿地生态系统的研究和保护工作逐渐受到重视^[3],然而由于湿地系统本身的复杂性和动态性,如何科学合理地对湿地进行保护仍需进一步探讨。

在国土空间规划背景下,我国的生态保护规划工作提出了新要求,其中对城市湿地保护规划的研究与制定也提出了新的要求。在早期的湿地保护过程中,由于缺少对相应生态空间服务功能及价值的判断,造成了保护措施缺少针对性、难以落位空间等问题,如何对区域内的湿地资源进行科学的识别与划分,是湿地保护工作的关键^[4]。同时,在城市快速扩张的过程中,区域内生态保护与开发建设之间的矛盾逐渐尖锐,规划亟需对未来城市的发展情景做出预判,确定生态空间保护的优先次序,以此来协调湿地保护与发展两者之间的关系^[5]。

本研究从时空角度引入 ES 服务评估并结合 FLUS 情景模拟,以生态系统服务功能评估作为识别区域重要湿地资源的手段,探究全面、动态、系统的湿地分级管控与保护途径,以湿地资源丰富的湖北省潜江市为例,探索城市尺度湿地生态保护规划的分级保护模式与技术路径,并建立切实可行的湿地保护技术框架。

1 城市湿地生态系统保护现状

湿地生态系统保护的目的在于保护其功能的完整性,对被破坏的湿地及湿地景观进行生态修复,实现保护、利用与发展之间的平衡^[6]。早期湿地保护以提出具体规定条例为主,随着国土空间规划“一张蓝图”建设目标的提出,管理体系的建设与加强已不能满足湿地保护的迫切要求,学者们开始应用更精细具体的科学方法,根据生态系统服务价值评价、湿地景观模拟模型对湿地展开综合研究。但是,学者们在创新湿地保护内容与技术等多方面研究的同时,对

湿地生态系统服务功能的重要性及保护路径方面的纵向研究仍不够深入,我国的湿地生态系统保护仍存在一定短板。

1.1 基于生态系统服务功能评估的城市湿地保护规划方法

生态保护规划一般围绕空间划分展开,通过空间评价划定保护对象和范围,再制定相应的保护策略。在此过程中,生态系统服务功能的重要性是生态空间评定与划分的重要依据^[7]。早期针对生态系统服务的研究分为两个角度,一是结合生态学和经济学对湿地生态系统进行价值评估,将湿地的生态价值转为经济价值,并对具有重要经济价值的湿地斑块进行重点监测保护^[8-9],其研究结果被运用到生态补偿、土地利用规划等方面^[10];二是从景观空间的角度探讨湿地格局与水资源保护、生物多样性保护、流域修复等多领域之间的联系^[11-12],对生态系统服务的研究逐步由经济价值向服务功能拓展。在国土空间“双评价”技术提出的背景下,生态系统服务的相关研究开始关注人类直接或间接从生态系统中得到的利益,强调通过对生态系统的各项服务功能进行评估并划定相应保护区,最终将保护区纳入区域生态安全保护格局^[13]。学者们开始根据生态系统服务功能评价结果识别核心生态空间,直接提取单项服务功能高的区域,或是采用单项生态系统服务功能评价指标对生态空间的重要性进行评价^[14-15],但对于生态空间内多重生态系统服务功能的联系考虑较少,且缺乏明确、系统、可推广的指标及评价体系。

本研究在“双评价”指标的基础上结合不同生态系统服务功能,引入鸟类多样性、热岛气候调节能力、旅游资源及发展潜力等多项指标,利用多源时空大数据建立评价体系,实现生态系统服务功能在生态空间上的量化与定位。同时,基于评价结果提取生态源地及廊道,识别需要优先保护的生态空间,形成分区分级

保护结果并制定相应的保护策略^[16],与“双评价”进行有效衔接,这对国土空间规划背景下的城市湿地保护规划编制具有重要参考意义。

1.2 湿地发展与保护格局的预测研究

仅通过相关评价体系确定湿地保护的 range 及对象会导致保护措施缺乏时效性,因此学者们开始对湿地景观变化过程进行预测模拟,以期加强保护措施的针对性与预见性。湿地景观随着区域土地利用及格局的变化而变化,包括湿地景观格局和景观空间的变化^[17]。湿地景观格局反映了湿地的生态过程,在一定内因及驱动机制的影响下,湿地生态系统内部与外部之间的物质、能量及信息交换产生变化,进而对湿地的类型、空间分布等景观空间造成影响^[18]。已有大量研究根据湿地景观格局变化,从连通性、可达性等角度关注湿地形态和数量的变化情况^[19],结合大量生态因子分析探寻湿地景观变化的内在机制,但这类研究较少考虑湿地的空间分布,且数据获取等因素导致研究难度较大,应用尚不广泛^[20]。

基于空间格局的湿地景观模拟以元胞自动机为基础,利用土地利用等数据分析区域整体景观格局的发展变化^[21]。常见的情景模拟模型包括 CA、CA-Markov、CLUE-S、FLUS 等。CA-Markov 耦合 CA 与 Markov 模型,虽然具有较强的时间动态和空间格局模拟能力,但是模拟精度较低^[22];CLUE-S 模型虽然具有数据获取量较大的特点,但是仅适合小范围的湿地格局模拟^[23];而 FLUS 模型可在多情景尺度、多精度、多要素驱动的复杂土地利用模拟过程中兼容生态因子,且模型的构建程序简单^[24]。

因此,本研究将结合湿地生态系统服务功能评价结果,在确定湿地保护的 range 和范围后,利用 FLUS 模型对潜江市的土地利用格局进行发展模拟,预测发展过程中的敏感湿地,进一步识别优先保护的生态空间并完善湿地保护格局。在此基础上

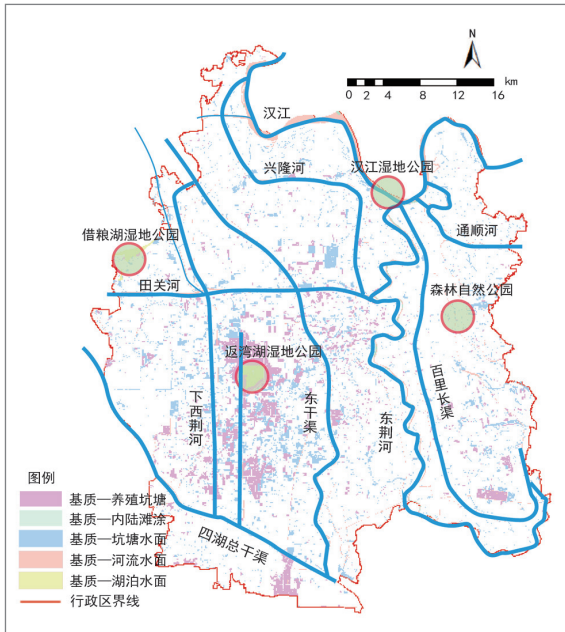


图 1 潜江市湿地地质分布

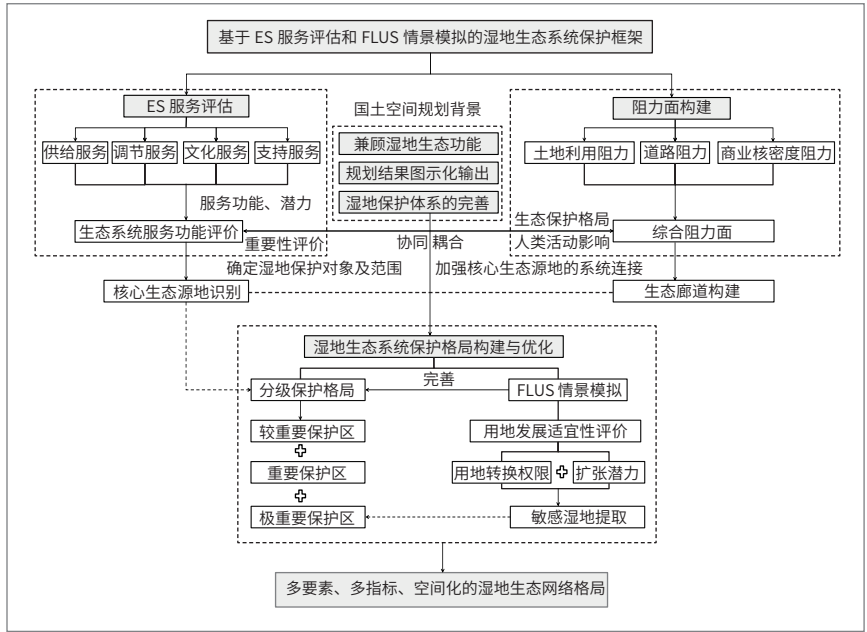


图 2 研究框架

上制定最终的调控与优化措施，形成可持续发展的湿地生态系统保护方案。

2 城市湿地生态保护技术路径构建

2.1 研究区域概况及数据采集

本研究以湖北省潜江市为研究对象，规划区域总面积为 1993.16 km²，湿地总面积为 279.25 km² (图 1)。潜江市的湿地类型多为坑塘形式的人工湿地，占比高达 79.98%，主要用于发展水产养殖业；同时，市内河流沟渠密布，水系高度连通，湿地承担了城市重要的旅游及文化宣传功能，返湾湖及借粮湖湿地公园为城市居民创造了良好的游憩环境。但是，快速的城镇化建设导致湿地斑块破碎，斑块之间缺乏生态廊道联系，自然湿地保护率仅有 19.16%；此外，小龙虾等水产养殖业的迅速发展在促进经济发展的同时弱化了湿地生态系统的功能多样性，湿地生态系统服务功能逐渐退化。由此可见，在城市发展过程中，社会经济与湿地生态保护的矛盾逐渐突出，有效协调两者的关系并提出预见性的指导策略尤为重要。本研究旨在从评价及预测两个方面构建一条切实可行的

城市湿地保护规划工作路径，采用的数据包括城市“三调”中的土地利用数据、道路交通及水系现状等基础数据，并搜集区域降雨及蒸发量数据、鸟类观测数据等开源大数据构建完善的评价体系，在对潜江市湿地生态系统服务功能进行评价后，结合 2010 年和 2020 年的土地利用数据模拟城市未来土地利用格局变化，识别敏感湿地。

2.2 城市湿地保护规划思路

城市湿地保护规划首先要确定保护的對象及范围，保障湿地生态系统作为城市生态系统子系统的完整性，并统筹湿地系统服务功能在生态、景观、游憩等多方面的综合效应^[25]。本研究依托“双评价”体系，通过 ES 服务评估及阻力模型分析，形成湿地分级保护格局并构建生态网络。在实现保护目标指标化、指标空间化的基础上，利用 FLUS 模型进行情景模拟，进一步预测与分析在未来城市发展过程中可能被破坏的湿地资源，提取易被侵占的敏感湿地，完善湿地分级保护格局，构建可实施、可推广的湿地生态系统保护技术框架。

2.3 基于 ES 服务评估及 FLUS 情景模拟的湿地生态保护规划技术路径构建

生态源地的识别是湿地生态保护格局构建的基础，本研究考虑湿地的生态系统服务功能，利用 ES 服务评估提取核心生态源地，确定保护对象及保护等级。由于潜江市现状湿地存在生态廊道联系不足的问题，湿地生态保护应强化湿地斑块之间的线性生态廊道并构建湿地生态网络格局，本研究基于 ArcGIS 平台模拟潜在生态廊道，结合生态源地识别结果形成初步的湿地分级保护格局^[26]。为了规避未来城市发展过程中对湿地资源的破坏与侵占风险，本研究结合 FLUS 情景模拟预测提取敏感湿地，对其提出针对性的保护意见，并从时空角度出发，构建了较为完善的湿地生态保护规划技术路径，重点围绕以下 3 个方面开展湿地生态系统保护工作并最终形成多要素、多指标、空间化的湿地生态网络格局 (图 2)。

(1) 湿地 ES 服务评估及保护对象的确定。ES 服务评估将区域看作一个整体，强调通过评估生态系统的服务能力来确定潜力最大的关键区域，并对其进行保

护^[7]。在进行生态系统服务功能评估前,需要针对研究区域的具体情况选择关键的生态系统服务^[27]。本研究依据国际生态系统服务分类框架,针对区域内生态系统环境与人类活动关系中最核心的问题与矛盾,提取需要加强的生态系统服务功能,并考虑测度数据的可获取性;再依据潜江市区域湿地资源的具体情况,从食物及原材料供给、水源涵养及水土

保持能力、休闲游憩潜力及动植物多样性等多角度综合考虑湿地生态系统供给、调节、文化与支持服务方面的能力。

(2) 构建阻力面模拟生态廊道,形成湿地生态保护网络。本研究根据湿地生态服务功能重要性评价,考虑人类活动对湿地保护格局的影响,在自然生态阻力评价的基础上引入土地利用、道路及商业核密度等会对湿地造成一定影响的

因素,最终形成综合阻力面提取生态廊道,构建湿地保护分级格局和湿地生态网络格局。

(3) 基于 FLUS 情景模拟完善湿地分级保护格局并提出针对性的保护建议及措施。本研究结合生态系统服务功能评价提取核心湿地斑块并得到湿地保护重要性等级后,通过 FLUS 模型进行情景模拟,预测区域未来土地利用变化发展情况及其对湿地的影响,识别并提取易被侵占的敏感湿地。情景模拟至少需结合两个不同时期的城市土地利用数据,根据这两个时期的土地利用情况,考虑 DEM、坡度、坡向、公路、铁路与气温等多项因素,对城市的耕地、森林、草地、城市、水体及湿地等各类土地发展适宜性进行分析^[28]。将适宜性分析结果输入模型,确定各类用地的转换权限及扩张潜力,且用地的转换权限及扩张潜力的确定需结合地区上位发展规划,以便对土地利用发展趋势做出合理预测。模拟得到目标年份的土地利用情况并与现状叠加,提取被城市用地扩张所侵占的湿地作为敏感湿地,并将其划定为极重要保护区,完善湿地分级保护格局。

表 1 生态系统服务功能重要性评价指标及方法

生态系统服务功能	评价指标	评价方法	解释
供给服务	提供淡水能力 (A_1)	以水源地为核建立缓冲区	d_1 为到水源地的距离, $0 \leq d_1 \leq 500$ m 为极重要保护区; $500 \text{ m} < d_1 \leq 2000$ m 为重要保护区; $d_1 > 2000$ m 为较重要保护区
	提供食物及原材料的能力 (A_2)	$A_2 = T_1 \times d_2$	T_1 表示湿地资源类型, 分为内陆滩涂、河流湖泊、非养殖坑塘及养殖坑塘, 分别赋值 5、4、3、2, 非湿地赋值为 1; d_2 为到各湿地的距离, $0 \sim 500$ m、 $500 \sim 1000$ m、 $1000 \sim 1500$ m、 $1500 \sim 2000$ m 及 2000 m 以上, 分别赋值 5、4、3、2、1
调节服务	热岛气候调节能力 (B_1)	$B_1 = T + fvc$	T 为城市地表温度 / $^{\circ}\text{C}$, fvc 为植被覆盖度
	水源涵养能力 (B_2)	$B_2 = \sum_i^j (P_i - R_i - ET_i) \times A_i \times 10^3$	P_i 为降雨量 /mm, R_i 为地表径流量 /mm, ET_i 为蒸发量 /mm, A_i 为 i 类生态系统面积 / km^2 , j 为研究区第 i 类生态系统类型, j 为研究区生态系统类型数
	水土保持能力 (B_3)	$B_3 = R \times K \times L \times S \times (1 - C)$	R 为降雨侵蚀力因子, 通过公式: $R = 0.067 P_d^{1.627}$ 计算, P_d 为年均降雨量 /mm; K 为土壤可蚀性因子, 根据地域土壤可蚀性研究取平均值; $L \times S$ 表示地形因子, L 为坡长、 S 为坡度; C 为植被因子, 依据“双评价”确定
文化服务	防洪排涝能力 (B_4)	以河流沟渠为中心建立缓冲区	d_3 为到河流沟渠的距离, $0 \leq d_3 \leq 500$ m 为极重要保护区; $500 \text{ m} < d_3 \leq 2000$ m 为重要保护区; $d_3 > 2000$ m 为较重要保护区
	旅游资源潜力 (C_1)	$C_1 = T_2 \times d_4$	T_2 表示湿地游憩类型, 分为郊野、生态保育及自然保护地, 分别赋值 1、3、5; d_4 为到各湿地的距离, $0 \sim 500$ m、 $500 \sim 1000$ m、 $1000 \sim 1500$ m、 $1500 \sim 2000$ m 及 2000 m 以上, 分别赋值 5、4、3、2、1
	旅游发展潜力 (C_2)	以主要公路及铁路为核心建立缓冲区	d_5 为到水源地的距离, $0 \leq d_5 \leq 1000$ m 为极重要保护区; $1000 \text{ m} < d_5 \leq 2500$ m 为重要保护区; $d_5 > 2500$ m 为较重要保护区
支持服务	鸟类多样性 (D_1)	$D_1 = N_1 + N_2$	N_1 为实际鸟类多样性, 依据鸟类观测点数据进行空间插值所得; N_2 为潜在鸟类多样性, 根据生境适宜性评估考虑自然保护区范围、到水源及道路的距离、土地利用类型及坡度高程所得
	植物多样性 (D_2)	植被覆盖率	—

3 潜江市湿地保护规划实践

3.1 ES 服务评估及生态源地的识别

本研究首先提取潜江市域范围内的所有湿地基质进行 ES 服务评估, 得到不同湿地斑块分别在供给、调节、文化及支持 4 项生态系统服务功能方面的重要性等级; 其次, 基于 ArcGIS 平台对评价结果进行叠加, 得到最终的湿地生态系统服务功能重要性评价结果; 最后, 从极重要保护区的湿地空间中筛选出核心生态源地。

3.1.1 生态系统服务功能重要性评价

本研究根据潜江市区域湿地资源的具体情况, 从供给、调节、文化及支持 4 个方面评价湿地所提供的生态服务功能 (表 1)。

(1) 供给服务。提供重要供给服务的湿地斑块与人的生活、生产空间息息相关,是平衡湿地发展与保护的关键节点^[29]。本研究以提供淡水、食物及原材料的能力作为评价供给服务能力的指标,对湿地供给服务功能的重要性等级进行划分。以区域内的水源地为核心建立缓冲区,距离水源地越近的区域重要性等级越高;同时,潜江市的水产养殖产业作为地区的核心产业,需要科学规划并合理利用已有的湿地资源,通过湿地资源类型的划分确定不同类型湿地提供服务的能力^[30]。

(2) 调节服务。调节服务是湿地发挥生态系统服务功能的直接途径,通过对热岛气候调节能力、水源涵养能力、水土保持能力及防洪排涝能力的评价得到湿地调节服务功能的重要性等级^[31]。评价热岛气候调节能力需考虑城市热岛效应及植被覆盖度,结合城市地温与植被覆盖率评价湿地的温度调节能力。水源涵养及水土保持能力的评价以“双评价”作为依托,使湿地生态系统服务功能评价结果更好地与国土空间规划进行对接。水源涵养能力评价是通过构建方程式计算各湿地斑块水源涵养量,评价其对水流、水循环的调控能力,确定水源涵养保护功能区^[28]。水土保持能力评价则依据“双评价”中修正的水土流失方程式进行计算,确定水土保持重要功能区。防洪排涝能力评价需考虑区域内提供防洪排涝服务的主要载体,通过建立一定距离的缓冲区,确定承担城市防洪排涝服务的重要功能区并对其进行保护。

(3) 文化服务。文化服务通过旅游资源及发展潜力指数表现^[29],将现有湿地资源划分为郊野、生态保育及自然保护地3种类型,并将文化服务能力量化为提供游憩的机会和到主要道路(公路及铁路)的距离,通过建立缓冲区对其提供服务的能力进行评价。

(4) 支持服务。通过对植物及鸟类多样性进行评价,得到湿地支持服务功能的重要性等级。植物多样性通过NDVI计算

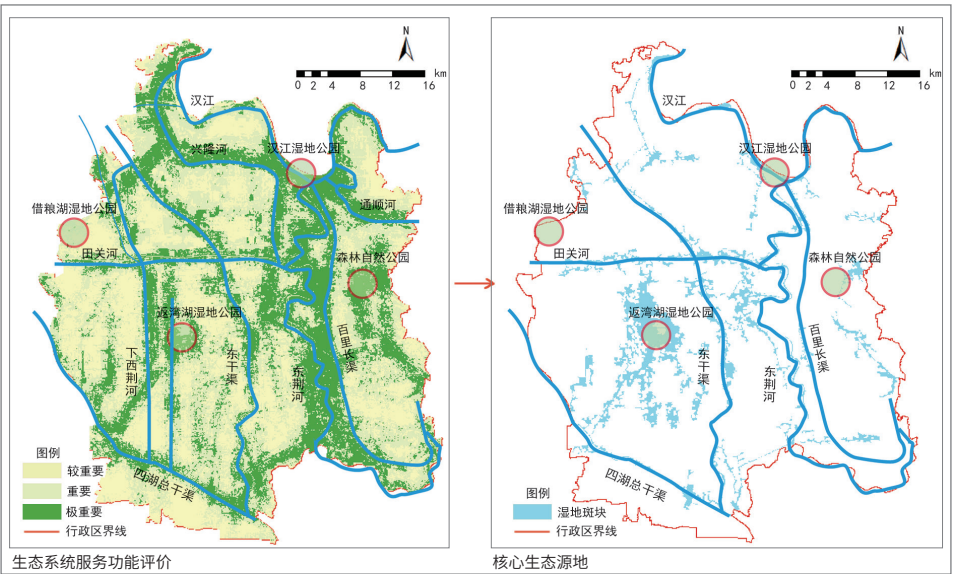


图3 核心生态源地提取

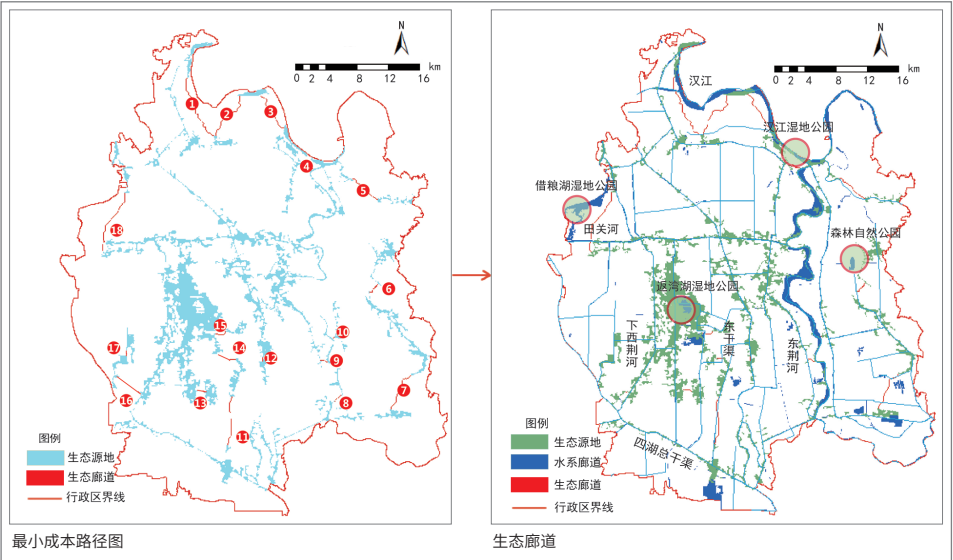


图4 生态廊道提取

表2 生态阻力赋值

土地利用类型	生态阻力值	距道路距离 /m	生态阻力值
湿地	5	500	200
林草	20	750	100
农田	50	1 000	50
道路	200	1 250	20
城镇及荒地	1 000	> 1 250	5

植被覆盖度得到;鸟类多样性则基于鸟类观测点数据确定实际鸟类多样性,并结合土地利用类型、坡度高程与到水源及道路的距离对潜在鸟类多样性进行评价,叠加后得到总体鸟类多样性评价结果。

3.1.2 核心生态源地识别

利用自然断点法对4项生态系统服务功能重要性评价结果数据进行等级划分,得到生态系统服务功能区保护的3个等级:极重要、重要和较重要,分别

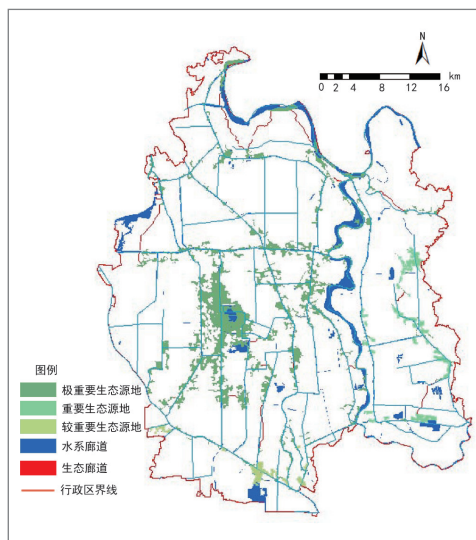


图5 湿地分级保护格局

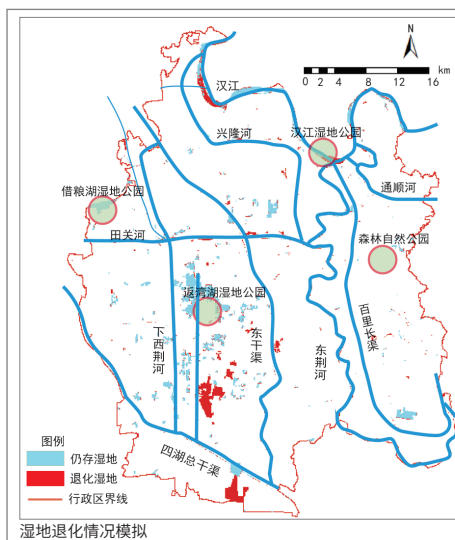
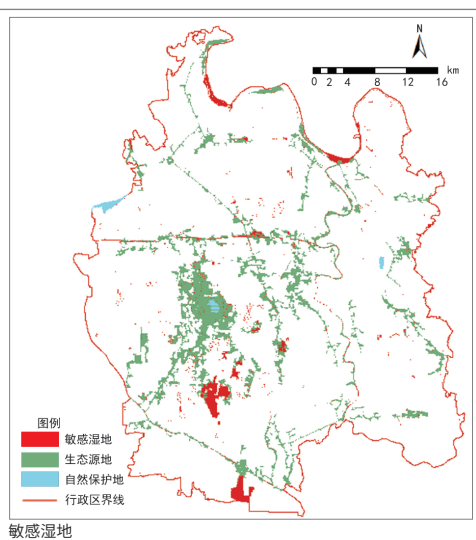


图6 敏感湿地提取



敏感湿地

赋值为 1、5、9；并利用 ArcGIS 分别呈现单项生态系统服务功能保护重要性的空间分布情况，并进行栅格叠加，得到湿地生态系统服务功能重要性的最终分级结果，从中提取极重要保护区作为核心生态源地（图 3）。

3.2 阻力面构建

结合自然与人为活动的影响构建生态廊道阻力面，反映各湿地斑块之间生态功能的流动与传递的难易程度。首先，结合潜江市的生态本底及生态源地特征，依据不同的土地利用类型及道路缓冲区确定阻力排序并赋予相应的生态阻力值（表 2）；其次，通过拾取商业 POI 在 ArcGIS 中进行核密度分析，利用商业核密度来构建阻力面并分析人为活动对生态廊道的干扰和影响；最后，将阻力图叠加，采用自然断点法将评价结果分为 5 个等级，构建生态廊道综合阻力面。

3.3 湿地生态系统保护格局构建与优化

根据生态廊道阻力面，利用最小耗费路径生成生态廊道，并依据湿地生态系统网络结构、生态源地及建设可行性进行筛选，形成湿地生态系统保护格局。

潜江市共提取 18 条生态廊道，生态源地之间的联系呈现出与河流沟渠相同的走向，东北部的生态廊道呈包围趋势，南部的廊道距离较短，连通零散分布的坑塘与自然保护地（图 4）。

通过生态系统服务功能评价与生态廊道构建，初步形成湿地分级保护格局（图 5）。潜江市由于大规模填塘造田、围湖垦荒，湖泊湿地逐渐向人工、半人工湿地演变，调蓄能力大幅下降，生态系统呈退化趋势，城市用地侵占湿地资源的现象较为严重，未来城市发展过程中应严格限制城市建设对自然资源的侵占，平衡和协调城市发展与生态保护之间的关系。因此，本研究利用 FLUS 模型进行情景模拟，分析潜江市未来的土地利用发展格局，识别城市发展过程中易被侵占的湿地风险区作为极重要保护区。本研究根据潜江市 2010 年及 2020 年的城市土地利用数据，进行用地发展适宜性分析，设置森林、草地、湿地、水体及城市用地之间的转换权限及用地扩张潜力。其中，森林和草地、水体和森林、草地之间不能相互转换，其余用地间可相互转换。同时，依据城市发展规划趋势，设置耕地、草地及湿地的扩张潜力为 0.5，森林、水体及城市用地的扩张潜力更大，

设置为 1。在此基础上，模拟得到潜江市 2030 年的土地利用情况，与现状叠加提取易被侵占的敏感湿地（图 6）。根据模拟结果可以发现一些破碎分散的湿地斑块在城市发展过程中易被侵占，同时汉江流域、万福河流域及四湖总干渠南部湿地存在较大被侵占的风险，应加强保护。

3.4 湿地分级管控思路

构建起湿地分级保护格局后，应针对具有不同生态服务功能重要性的湿地分别制定保护措施：①生态保护极重要区包括自然保护区、水源保护地、生态源地及敏感湿地，应注重保护系统的物种多样性及生态完整性，限制人为活动影响，并定期对湿地健康情况进行评价与调查；②生态保护重要区包括主要骨干河流、排涝沟渠、部分沿水系廊道分布的人工湿地，应将生态保护重要区范围与生态保护红线进行叠加，注意控制沿河污染，防止城市建设用地对湿地的侵占，控制水产养殖规模，逐步退渔还湿；③生态保护较重要区主要为人工湿地，应结合重要保护区以点带面进行保护与修复，整治河道滨岸带，恢复湿地植被，开展湿地保护宣传活动，加强该范围内湿地的文化服务。

4 结语

在湿地保护过程中,如何统筹考虑湿地各项生态系统服务功能,以此来确定湿地保护范围与目标,是湿地生态系统保护过程中亟需突破的难点;而通过生态系统服务功能评价结果的空间落位,最终实现针对性保护措施制定,也是城市湿地保护规划作为一项衔接总体规划与详细规划之间的专项规划,在国土空间规划改革背景下所需突出的亮点。本研究首先通过构建与优化潜江市湿地分级保护格局,利用ES服务评估对湿地生态系统服务功能重要性进行划分以形成分级保护体系,有助于制定针对性的湿地生态保护与修复措施;其次,引入FLUS情景模拟,对城市土地利用发展格局进行预测,关注具有重要生态服务功能但在城市化进程中易被侵占的敏感湿地,并进一步与城市蓝线划定相结合,防止城市建设用地侵占湿地、水体等具有重要生态服务功能的生态用地;最后,提出湿地保护格局的整体构建与优化技术路径,以期为进一步开展国土空间规划背景下的城市湿地保护规划编制工作提供参考。■

[参考文献]

- [1] 刘红玉,李玉凤,曹晓,等.我国湿地景观研究现状、存在的问题与发展方向[J].地理学报,2009(11): 1394-1401.
- [2] 刘红玉.中国湿地资源特征、现状与生态安全[J].资源科学,2005(3): 54-60.
- [3] 孙广友.中国湿地科学的进展与展望[J].地球科学进展,2000(6): 666-672.
- [4] 汪辉,余超,李明阳,等.基于CLUE-S模型的湿地公园情景规划——以南京长江新济洲国家湿地公园为例[J].长江流域资源与环境,2015(8): 1263-1269.
- [5] 任利剑,李相逸,马晓菡.滨海城市减灾体系与减灾行动规划研究——以路易斯安那州为例[J].中国园林,2019(5): 80-84.
- [6] 朱颖,杜健,张影宏,等.基于微介入理念的湿地生态保护规划方法——以张家港通洲沙江心岛生态湿地为例[J].规划师,2021(1): 37-43.
- [7] 吴远翔,陆明,金华,等.基于生态服务—生态健康综合评估的城市生态保护规划研究[J].中国园林,2020(9): 98-103.
- [8] 王娇月,邴龙飞,尹岩,等.湿地生态系统服务功能及其价值核算——以福州市为例[J].应用生态学报,2021(11): 3824-3834.
- [9] 周文昌,张维,胡兴宜,等.湖北省湿地生态系统的服务价值评估[J].水土保持通报,2021(3): 305-311,364.
- [10] 李文华,张彪,谢高地.中国生态系统服务研究的回顾与展望[J].自然资源学报,2009(1): 1-10.
- [11] 车铭哲,于劲翔.“以鸟为本”理念下的滨海湿地生态修复规划——以北戴河七里海潟湖湿地生态修复项目为例[J].规划师,2019(7): 55-59.
- [12] 黄慧明,龙闹,李晓晖,等.国土空间规划背景下广州城市湿地生态修复策略研究[J].规划师,2020(17): 20-25.
- [13] 肖燧,陈圣宾,张路,等.基于生态系统服务的海南岛自然保护区体系规划[J].生态学报,2011(24): 7357-7369.
- [14] Fu Y, Shi X, He J, et al. Identification and Optimization Strategy of County Ecological Security Pattern: A Case Study in the Loess Plateau, China[J]. Ecological Indicators, 2020, 112: 106030.
- [15] 张伟,刘晓明.武汉市蓝绿基础设施调节和支持服务价值评估研究[J].中国园林,2019(10): 51-56.
- [16] 肖杨,周旭,蒋啸,等.基于生态系统服务功能评价的贵阳市生态安全格局维护研究[J].生态科学,2020(4): 244-251.
- [17] 赵丹丹,贺红士,杜海波,等.湿地景观模拟模型的研究与应用[J].湿地科学,2017(4): 562-570.
- [18] 徐延达,傅伯杰,吕一河.基于模型的景观格局与生态过程研究[J].生态学报,2010(1): 212-220.
- [19] Goddard M A, Dougill A J, Benton T G. Scaling Up from Gardens: Biodiversity Conservation in Urban Environments[J]. Trends in Ecology & Evolution, 2010(2): 90-98.
- [20] H C Fitz, E B DeBellevue, R Costanza, et al. Development of a General Ecosystem Model for a Range of Scales and Ecosystems[J]. Ecological Modelling, 1996(1): 263-295.
- [21] 侯西勇,徐新良,毋亨,等.中国沿海湿地变化特征及情景分析[J].湿地科学,2016(5): 597-606.
- [22] 张文婷,王海军,吴志江,等.基于元胞自动机的流域水土流失时空动态变化研究[J].水力发电学报,2013(1): 96-100.
- [23] 张沐锋,刘万侠,王健恩,等.基于Clue-S模型的石马河流域东莞段生态系统服务价值变化情景模拟[J].水土保持通报,2021(1): 152-160.
- [24] 苏迎庆,刘庚,赵景波,等.基于FLUS模型的汾河流域生态空间多情景模拟预测[J].干旱区研究,2021(4): 1152-1161.
- [25] 曹靖.全域一张蓝图导向的城乡蓝绿空间营建策略——以安徽省界首市为例[J].规划师,2021(9): 26-32.
- [26] 王敏,梁爽.健康城市背景下太原市中心城区绿地生态网络规划[J].规划师,2021(4): 44-50,56.
- [27] 申佳可,王云才.基于多重生态系统服务能力指数的生态空间优先级识别[J].中国园林,2021(6): 99-104.
- [28] 朱金峰,周艺,王世新,等.白洋淀湿地生态功能评价及分区[J].生态学报,2020(2): 459-472.
- [29] Camacho Valdez V, Ruiz Luna A, Ghermandi A, et al. Valuation of Ecosystem Services Provided by Coastal Wetlands in Northwest Mexico[J]. Ocean & Coastal Management, 2013, 78: 1-11.
- [30] 谢冬明,邓红兵,王丹寅,等.鄱阳湖湿地生态功能重要性分区[J].湖泊科学,2011(1): 136-142.
- [31] 崔丽娟,雷茵茹,张曼胤,等.小微湿地研究综述:定义、类型及生态系统服务[J].生态学报,2021(5): 2077-2085.

[收稿日期] 2021-11-24