

文章编号: 1674-5566(2010)01-0116-04

## 蠡湖水生动物栖息地适宜性评估

段金荣, 张红燕, 刘凯, 徐东坡, 张敏莹, 施炜纲

(农业部长江下游渔业资源环境重点野外科学观测试验站, 中国水产科学研究院内陆渔业生态环境和资源重点开放实验室, 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 江苏 无锡 214081)

**摘要:**以蠡湖为例, 利用GIS技术建立综合评价蠡湖水生动物栖息地适宜性评估的数量化方法。结合蠡湖自身的环境、生态和水文条件, 通过咨询水产学专家, 选取12个与水生动物栖息地适宜性评估密切相关的因子, 并将之分为4个子模型。应用层次分析法确定选择因子对于水生动物栖息地适宜性评估的贡献率, 即权重, 建立水生动物栖息地适宜性评估模型, 利用ARC/INFO软件内嵌的栅格数据分析模块生成单因子评价图层, 结合栅格计算、空间叠加和分级模块, 得出蠡湖水生动物栖息地适宜性的等级分布图, 即水生动物栖息地适宜性评估为较高等级的区域面积为0.5607 km<sup>2</sup>, 水生动物栖息地适宜性评估为高等级的区域为6.5682 km<sup>2</sup>, 水生动物栖息地适宜性评估为一般等级的区域面积为0.7209 km<sup>2</sup>, 水生动物栖息地适宜性评估为低等级的区域面积为0.1602 km<sup>2</sup>。蠡湖水生动物栖息地适宜性评估等级图为蠡湖的科学规划和管理提供了参考依据。

**关键词:**水生动物; 栖息地; 评估; 蠡湖

**中图分类号:** S 932      **文献标识码:** A

## Evaluation of suitability of aquatic animal's habitat in Lihu

DUAN Jin-rong ZHANG Hong-yan LIU Kai XU Dong-po ZHANG Min-ying SHI Wei-gang

(Key Field Station of Observation and Research for Fishery Resources and Environment of the Lower Reaches of Yangtze River  
Ministry of Agriculture Key Laboratory of Ecological Environment and Resources of Inland Fisheries,  
Freshwater Fisheries Research Center Chinese Academy of Fishery Science Wuxi 214081, China)

**Abstract:** This article focuses on evaluation method for the suitability of aquatic animal's habitat and takes Lihu as an example. A comprehensive quantitative method was established to evaluate 12 factors that connecting with environment, ecology and hydrology based on Geographical Information System and the above factors were divided into 4 sub-models. Analytic hierarchy process was applied to calculate each indicator's weight and set up the model on evaluation of the suitability of aquatic animal's habitat of natural lakes. Then, the above data were analyzed and evaluated synthetically by using the spatial analytical methods of data interpolation, grid calculation, spatial overlay and classification supported by Geographical Information System. The results indicated that the suitability of aquatic animal's habitat of Lihu was divided into 4 grades in terms of higher, high, general and low, which covered 0.5607, 6.5682, 0.7209 and 0.1602 square kilometers respectively. The study provides reference for plan and management to administrative departments of Lihu.

**收稿日期:** 2009-04-06

**基金项目:** 科技部科技基础专项资金项目(2007DKA30470); 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(2009JBF07); 中国水产科学院内陆渔业生态环境和资源重点实验室(YM2007-12)

**作者简介:** 段金荣(1978-), 男, 助理研究员, 硕士, 主要从事渔业GIS方面的研究。E-mail: duanj@ffrc.cn

**通讯作者:** 施炜纲, Tel: 0510-85551484, E-mail: shiwg@ffrc.cn

Key words aquatic animals habitat evaluation; Lihu

栖息地是对水生动物有直接或间接影响的多种尺度下的物理化学条件的组合,水生动物栖息地适宜性是用来描述环境对水生动物栖息的适合程度,通过栖息地适合度模型对主要影响水生动物生存的生态因子进行综合影响评价<sup>[1]</sup>。Stier和Crance<sup>[2]</sup>假设短鼻鲟主要受食物和繁殖的影响,而食物和繁殖主要影响因素是水位、流速和底质,从而得出美国短鼻鲟的栖息地适合度方程。余国安等<sup>[3]</sup>通过在吊嘎河上布设人工阶梯—深潭系统进行野外试验,并采用水生底栖动物物种丰度(物种种类数)、单位面积生物密度和生物群落多样性指数对吊嘎河试验段的栖息地质量进行评价,证明了人工阶梯—深潭系统是山区下切河流综合治理中的一个有效方法。

蠡湖位于无锡市西南部,亦名五里湖,是太湖伸入到无锡市的内湖,属于浅水型湖泊,位于119°13'12"~119°17'11"E, 31°29'54"~31°32'50"N之间。湖面狭长,呈葫芦状,东西长约6 000 m,南北宽300~1 800 m,面积约8.01 km<sup>2</sup>(含长广溪北端宽阔水域)<sup>[4-5]</sup>。本研究综合考虑湖泊的物理化学条件、水文条件和湖泊地貌学特征等对于水生动物群落的适宜程度,利用数据库技术、地理信息系统技术、遥感技术、多媒体技术等,结合水生动物栖息地评估模型,建立水生动物栖息地动态评估系统,可作为科学治理湖泊的引路石,亦可作为监测评估湖泊治理成效的有效工具<sup>[6-9]</sup>。本文以蠡湖为例,建立蠡湖水生动物栖息地动态评估系统,为治理蠡湖提供高效的技术手段,以期对蠡湖的治理工作起到示范作用。

## 1 评估技术路线及主要方法

### 1.1 技术路线

根据评估因子选择的原则确定与水生动物栖息地适宜性评估密切相关的因子,利用ARC/GIS软件所提供的模块完成单因子评估图层的生成,通过专家打分获得层次分析法需要的判断矩阵,计算得出评价因子权重,再利用GIS软件所提供的栅格图像计算模块完成单因子图层的空间叠加,运用分级模块完成评估结果的等级分布图,最后可以通过输出外设完成制图输出,技术路线如图1所示。

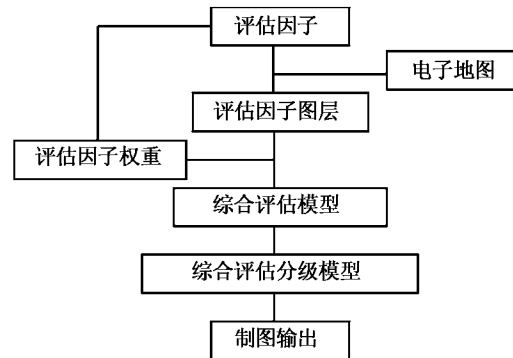


图1 评估系统的技术路线

Fig 1 Technical route of evaluation system

### 1.2 确定评估因子

#### 1.2.1 评估因子选择的原则

(1)客观性原则,水生动物栖息地适宜性评估要从客观实际出发,即在水生动物栖息地调查的基础上,运用地理学、生态学、经济学、环境科学等相关理论和原理,对水生动物栖息地的形成、属性、价值等内容,给予正确的科学解释,作出科学客观的评价;(2)主导因素原则,应当选择对水生动物栖息地适宜性评估影响大、空间差异明显的因素;(3)系统性原则,水生动物栖息地适宜性评估要综合考虑与其密切相关的多层次、多形式、多方面的因素,在进行评价时,要注重对水生动物栖息地本身的成因、特色、质量、数量等因素的评价,还要把其所处区域的区位、环境、基础设施状况、经济发展水平等开发利用条件纳入到评价范畴,综合衡量,全面完整地进行系统评价;(4)力求定量原则,在进行水生动物栖息地适宜性评估时,要借鉴目前已经日臻完善的水生动物栖息地适宜性评估方法,在定性评价方法的配合下,根据适当的评价标准和评价模型,将有关水生动物栖息地的各评价因子予以客观量化处理。

#### 1.2.2 评估因子的确定

根据评价因子选择原则,最终选择水质数据(pH、TN、水温、DO)、生物多样性(浮游动物、浮游植物、底栖生物)、水生植物(水生植物品种、覆盖面积)、水文资料(降水、气温、风力)作为水生动物栖息地适宜性评估因子。

### 1.3 确定权重—层次分析法

层次分析法又称 AHP (Analytical Hierarchy Process)法,其基本思路是:首先找出解决问题所牵连的主要因素,将复杂系统的各个复杂因素按它们的隶属关联关系,构建有层次的结构,形成递阶层次模型;确定主观思维判断量化的标度,统一不同专家思维判断的相对标准,使不同专家的思维判断具有可比性;采用单一目标两两成对比较的方法,使同层次因素之间建立比较链条,构造判断矩阵,计算比较因素的相对权重;进行判断矩阵的一致性检验,即检验判断思维的一致性,克服两两比较的缺陷;最后得出每个考虑因素的贡献率,即权重<sup>[10-11]</sup>。

#### 1.3.1 建立结构层次模型中的结构层次关系

模型中的结构层次关系如图 2 所示。

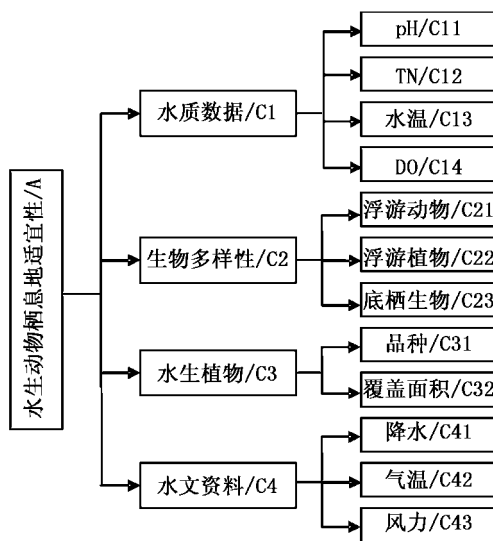


图 2 结构层次关系图

Fig 2 Hierarchy relation of construction

#### 1.3.2 构造判断矩阵及一致性检验

层次分析法中,为了使判断定量化,首先要形成两两比较的判断矩阵,矩阵元素的值反映了人们对各因素相对重要程度的认识,一般采用 1—9 标度,为了使结果客观,判断矩阵的具体数值用多个专家打分的方法来获得,取其平均值。判断矩阵构造后,利用软件 DPS (Data Processing System)求解权重系数<sup>[12]</sup>。由于判断矩阵的元素是根据经验判断确定的标度值,难免会出现片面性,为了防止这种片面性导致错误,需要对判断矩阵进行一致性检验。具体步骤如下:(1)计算

一致性指标  $CI$   $CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1)$ ,  $CI$  是一致性指标,  $\lambda_{max}$  是判断矩阵的最大特征值,  $n$  是准则个数;(2)查出同阶矩阵平均随机一致性指标  $RI$  (3)计算一致性比率  $CR$ ,  $CR = CI / RI$  (4)做出一致性是否合格的结论,当  $CR < 0.10$  时认为一致性可以接受<sup>[10-11]</sup>。

#### 1.4 GIS的空间分析

利用 ARC/INFO 软件所提供的模块,完成单因子评价图层的生成,水质数据和生物多样性利用插值技术完成,水生植物通过图像数字化和数据库绑定技术完成,水文资料直接从当地水文站购买 mapinfo 格式的数据,然后通过交换文件接口直接导入 ARC/INFO 软件。分析涉及的数据资料记录于 2007 年 7 月至 2008 年 6 月,浮游动物、浮游植物和底栖生物的生物多样性按样本种数计算<sup>[13]</sup>,对各因子评价图层做标准化处理,转化为统一的计量尺度,即每个因子评价图层的属性值转化为 [0, 1] 之间。根据 AHP 法确定的各因子权重关系,利用 ARC/INFO 软件所提供的栅格计算模块,生成蠡湖水生动物栖息地综合因子的空间叠加地图,再通过分级模块,完成蠡湖水生动物栖息地动态评估的等级评定。

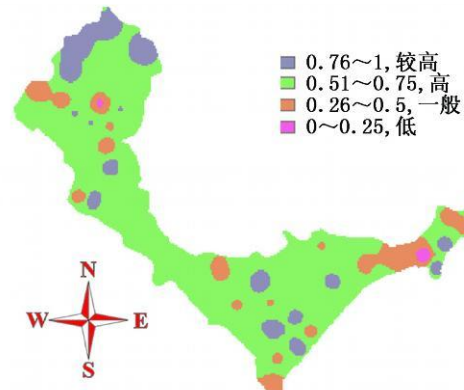


图 3 蠡湖水生动物栖息地适宜性评估图

Fig 3 Evaluation map of suitability of aquatic animal's habitat in Lihu

## 2 结果

根据判断矩阵计算得到的权重系数,相对于 [C1, C1i] 的权重系数为 0.267、0.311、0.138、0.284,  $CR = 0.02 < 0.10$ ; 相对于 [C2, C2i] 的权重系数为 0.334、0.333、0.333,  $CR = 0.01 < 0.10$ ; 相对于 [C3, C3i] 的权重系数为 0.500、0.500,  $CR = 0.01 < 0.10$ ; 相对于 [C4, C4i] 的权重系数为

0.492、0.302、0.206,  $CR = 0.02 < 0.10$ ; 相对于 [A, Ci] 的权重系数为 0.348、0.256、0.256、0.140,  $CR = 0.01 < 0.10$ 。综合考虑 12 个影响因子栅格运算以后的结果分级图如图 3 所示,水生动物栖息地适宜性评估为较高等级的区域面积为  $0.5607 \text{ km}^2$ ,水生动物栖息地适宜性评估为高等级的区域为  $6.5682 \text{ km}^2$ ,水生动物栖息地适宜性评估为一般等级的区域面积为  $0.7209 \text{ km}^2$ ,水生动物栖息地适宜性评估为低等级的区域面积为  $0.1602 \text{ km}^2$ 。

### 3 讨论

基于 GIS 的水生动物栖息地适宜性评估可以综合考虑空间信息和属性信息的关系,使得评价结果更科学、合理和规范,管理层可以通过直观的评价分级图为以后的规划管理作出决策,但最终评价结果的准确性主要取决于数据质量。本文尝试了基于 GIS 的水生动物栖息地适宜性评估模型的应用,但受数据因素、评价考核体系等限制,所得的结果有待进一步研究。

#### 3.1 评价因子的选择

评价因子的选择是进行水生动物栖息地适宜性评估的关键。因子是否具有较好的代表性,将会影响评价的整个过程及最终结果。要获取科学系统、实用性高度统一的评价成果,遵循一定的评价原则是实现这一目标的前提。由于受项目研究时间和经费的限制,本文只选择了 12 个评价因子,选取的数量还不够,由于缺乏历史数据或数据获得困难,造成数据的连续性不强,从某种程度而言,影响评价结果表达的科学性、连贯性。

#### 3.2 评价中的主观因素

评价因子选择的取舍有一定的人为因素,要考虑数据的可操作性、实施的可行性以及项目经费的支持力度,而且因子的轻重取舍最后由人为决定,主观性比较大;为了减少评价过程中的主观因素,判断矩阵的具体数值用多个专家打分取其平均值的方法生成,由于专家自身的知识面和喜好不同,难免造成判断矩阵有一定主观因素。水生动物

栖息地适宜性没有具体的参考内容,只能根据专家意见进行人为分级。

#### 3.3 分析方法的进一步优化

以 GIS 的空间插值和空间叠加模型分别生成评价因子图、评价单元图和评价结果图,并进行图形和属性的叠加和分级分析。应用表明 GIS 技术和评价模型的有效集成既节约了时间提高了效率,又提高了精度,使结果更为客观、更符合实际。随着技术的进步,尤其是智能化系统的发展,单因子图层的生成技术可以多元化发展,也是本研究以后值得提高的地方。

#### 参考文献:

- [1] 易雨君,王兆印,陆永军.长江中华鲟栖息地适合度模型研究[J].水科学进展,2007,18(4):538-543.
- [2] Stier D J Crance J H. Habitat suitability index models and instream flow suitability curves, American shad [R]. U. S. Fish and Wildlife Service Biological Report 1985, 1-25.
- [3] 余国安,王兆印,张康,等.应用人工阶梯深潭治理下切河流吊嘎河的尝试[J].水力发电学报,2008,27(1):85-89.
- [4] 中国科学院南京地理研究所湖泊室.江苏湖泊志[M].南京:江苏科学技术出版社,1982:27-45.
- [5] 张伏林,朱龙喜,丁专友,等.无锡五里湖清淤底泥堆场防渗技术研究[J].南通大学学报:自然科学版,2007,6(4):31-35.
- [6] 夏霆,朱伟,姜谋余,等.城市河流栖息地评价方法与应用[J].环境科学学报,2007,27(12):2095-2104.
- [7] 英晓明,崔树彬,刘俊勇,等.水生生物栖息地适宜性指标的模糊综合评判[J].人民珠江,2007,(5):29-31.
- [8] 杨宇,严忠民,乔晔.河流鱼类栖息地水力学条件表征与评述[J].河海大学学报:自然科学版,2007,35(2):125-129.
- [9] 郑丙辉,张远,李英博.辽河流域河流栖息地评价指标与评价方法研究[J].环境科学学报,2007,27(6):928-936.
- [10] 彭惠君.高校科技成果转化的评价体系研究[D].镇江:江苏大学,2005.
- [11] 杜宁,杨宁生,孙英泽.基于 GIS 的池塘养殖适宜性评价[J].中国水产科学,2008,15(3):476-482.
- [12] 唐启义,冯明光. DPS 数据处理系统 [M].北京:科学出版社,2007:427-545.
- [13] 段金荣,张红燕,刘凯,等.蠡湖渔业资源群落多样性的初步研究[J].上海海洋大学学报,2009,18(2):243-247.