

# 基于模型集成的北京湿地价值 评价系统设计与实现

蒋卫国<sup>1,2</sup>, 李 雪<sup>3,1</sup>, 蒋 韬<sup>4</sup>, 陈云浩<sup>1,2</sup>,  
朱 琳<sup>4</sup>, 赵文吉<sup>4</sup>, 陈 强<sup>1,2</sup>, 雷 璇<sup>1,2</sup>

(1. 地表过程与资源生态国家重点实验室(北京师范大学), 北京 100875;

2. 北京师范大学环境演变与自然灾害教育部重点实验室, 北京 100875; 3. 星球地图出版社, 北京 100088;

4. 首都师范大学资源环境与旅游学院, 北京 100048)

**摘要:** 湿地价值评价让公众和管理者很直观了解湿地功能及价值大小, 对于湿地保护宣传和湿地管理都有着重要的意义。本文在北京湿地的大气调节、气候调节、蓄水调洪、水质净化、地下水补给、控制土壤侵蚀、生物多样性、滞尘、生物产品、水源供给、文化遗产和旅游休憩等 12 项价值评价方法研究基础上, 利用 ArcGIS Model Builder 等多种建模方式, 构建了 12 项湿地价值评价模型, 并基于 ArcGIS Engine 二次开发组件, 在 .NET 环境下设计和实现了北京湿地价值评价系统。结果表明: (1) 先建立模型及工具集, 然后进行统一封装和调用, 最后开发应用系统, 这种湿地价值评价系统设计与开发方式快速简单、容易实现、而且稳定可靠; (2) 该系统可以有效管理湿地资源数据, 方便快捷地完成湿地资源各项功能价值评价和综合价值测算, 快速获得北京湿地的各个湿地斑块、各种类型湿地、各行政区县和任何统计单元的湿地单项功能价值和综合功能价值量, 还可以快速编制湿地价值空间图和统计报表; (3) 该系统为湿地价值评价提供了一种自动化、流程化、标准化的测量方法, 具有一定的推广潜力。

**关 键 词:** 模型; 北京; 湿地; 价值评价系统

**文章编号:** 1000-0585(2012)02-0377-11

## 1 引言

湿地被誉为“地球之肾”、“生物超市”, 是地球上最重要的生态系统之一。湿地不仅为人类提供大量生产生活资料, 而且在涵养水源、蓄洪防旱、降解污染、调节气候等方面均起到重要作用。然而, 由于人类活动的干扰, 许多湿地正在发生着不同程度的退化、甚至遭到严重破坏。对湿地功能与价值的认识不完整, 或者片面强调利用某一方面的价值, 是现阶段湿地遭到破坏的主要原因之一<sup>[1]</sup>。因此, 湿地资源价值的评价研究对于合理利用和保护湿地资源具有十分重要的意义。

对于湿地价值评价的研究工作, 早在 20 世纪初美国就已经开始了。到 20 世纪 70 年代初, 美国构建了湿地快速评价模型, 根据湿地类型来评价湿地的功能, 该模型在许多国

收稿日期: 2011-08-17; 修订日期: 2011-12-02

基金项目: 国家自然科学基金(41171318); 北京市科技计划项目(D08040600580801); 国家科技合作计划(2009DFA91710); 环境保护部公益性行业科研专项(200909113, 201009021)

作者简介: 蒋卫国(1976-), 博士, 硕导, 主要从事湿地与洪水遥感应用研究。

Email: jiangweiguo@bnu.edu.cn

家得到广泛应用<sup>[2,3]</sup>。Rosemary F James 在 Barbier 等提出的把湿地效益划分为功能、用途和属性的基础上,详细列出了各项湿地效益,并介绍了如市场价格法、影子价格法和旅游价值法等定量评价方法<sup>[4]</sup>。Young<sup>[5]</sup>选择了位于加拿大西部的 Lost River 湿地和 King George 湿地作为研究对象,定量地评价了两个湿地的娱乐效益价值。国内湿地价值评价在 2000 年以后活跃地开展了起来<sup>[3]</sup>。崔丽娟把湿地价值分为使用价值和非使用价值两大类,采用市场价值法、费用支出法、旅行费用法、影子价格法等,对扎龙湿地的使用价值进行了货币化评估<sup>[6]</sup>。庄大昌则对洞庭湖湿地从直接利用价值、间接利用价值和非利用价值进行了评估,并应用价格增长系数对价值进行修正<sup>[7]</sup>。

近年来,利用 GIS 技术,建立专用信息系统对湿地进行研究也取得较大进展。李晓东<sup>[8]</sup>以松嫩平原湿地作为主要研究对象,建立湿地数据库,利用 GIS 技术开发了松嫩平原湿地信息系统,便于对湿地信息进行查询、修改、统计以及可视化分析。张东水等<sup>[9]</sup>建立了闽江口湿地时空演变模型,并应用组件式技术,设计开发了闽江口湿地时空演变信息系统,可以实现湿地景观生态和湿地演变分析。石云等<sup>[10]</sup>基于 VB 和 MapX4.5 二次开发组件,构建了银川湿地资源管理系统,实现了对银川湿地资源的信息检索、地图查询和图表输出等功能,并可对区域湿地资源进行动态监测与环境质量评价,可以有效地为湿地资源保护提供决策支持。穆森<sup>[11]</sup>以北京野鸭湖湿地为研究区,基于集中式数据库模式设计了湿地信息数据库,利用 COM 组件技术开发了湿地信息系统;并利用模糊综合评价模型对湿地的生态环境、水质环境进行评价,得出评价结果。

综上所述,目前对于湿地价值评价的研究,主要集中在对一块或几块湿地的价值评价,无法满足海量湿地斑块价值评价的应用需求;且价值评价过程方法不统一,评价结果之间缺乏可比性,计算过程的重用性较差。而湿地信息系统的研究,主要集中在对湿地数据的显示、管理、查询和统计分析,少数系统具有专题的评价功能,但也只是停留在对专题数据进行分级的层面上,综合利用湿地普查数据、遥感数据和基础地理信息数据对区域海量湿地斑块的各种生态服务功能价值进行评价的湿地信息系统方面文献记载很少。

本文在北京湿地价值评价方法的基础上,建立了 12 个功能价值的评价模型,并基于 ArcGIS Engine 二次开发组件,在 .NET 环境下对模型进行集成,设计并实现了北京湿地价值评价系统。系统可以实现对北京湿地斑块进行综合价值以及 12 个功能价值的货币化评价,并支持对评价结果进行统计分析,使湿地价值评价过程更加自动化、流程化,更好地为湿地管理部门提供决策支持。

## 2 系统设计

### 2.1 系统总体结构

本系统采用了“界面层—应用层—数据层”的三层结构(图 1),这一体系结构将数据的存储与应用分开,既实现了系统运行的稳定性,也提高了系统的可扩展性,具备了湿地价值评价业务化功能。

#### (1) 界面层

界面层是系统与用户进行交互的界面,是用户直接进行操作和交互的部分。本系统的界面层包括菜单栏、工具栏、图层表和地图区四个部分。菜单栏主要用于提供地图浏览功能、湿地价值评价功能、结果统计功能;工具栏主要提供了基本地图操作;图层表用于管理地图窗口中的图层数据;地图区用于显示系统背景数据和评估结果数据。

## (2) 应用层

应用层主要负责控制各个模块与相应业务的联系, 构建起系统的核心功能环境。本系统的应用层主要包括地图浏览模块、价值评价模块、结果统计模块和制图输出模块四个部分。应用层是系统功能的主体部分。

## (3) 数据层

系统的数据层主要负责数据的管理和交互。本系统的数据层包括矢量数据、栅格数据和属性数据三类, 内容涉及湿地专题数据、统计调查数据、基础地理信息数据和遥感影像数据。

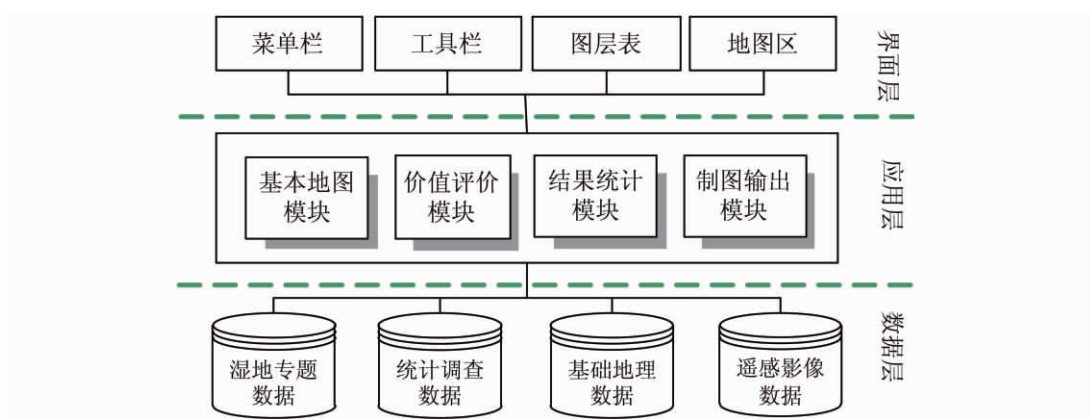


图 1 北京湿地价值评价系统结构图

Fig. 1 The structure of the wetland evaluation system of Beijing

## 2.2 系统功能设计

北京湿地价值评价系统的功能主要分为以下四个方面 (图 2):

### (1) 地图浏览功能

地图浏览功能是 GIS 系统的基本功能, 在本系统中, 用户可以通过工具栏或菜单按钮, 实现地图的平移、缩放、全图显示、属性查询等功能, 通过图层表可以调整图层顺序、控制图层的显示/隐藏, 并且可以添加或删除图层。

### (2) 价值评价功能

价值评价功能是本系统功能的主体, 主要分为生态价值评价、社会价值评价、经济价值评价和综合价值评价四个部分。其中, 生态价值评价分为大气调节价值、气候调节价值、蓄水调洪价值、水质净化价值、地下水补给价值、控制土壤侵蚀价值、生物多样性价值和滞尘价值七个价值的评价模块组成; 经济价值评价分为生物产品价值和水源供给价值的评价; 社会价值评价分为文化遗产价值和旅游休憩两个价值的评价模块。综合价值评价是在 12 个价值的基础上, 按照湿地斑块、湿地类型及行政区县进行综合价值的计算。

在每个价值的评价对话框中, 输入评价数据和数值参数、设置好输出路径, 就可以运行评价模块, 执行成功后自动将评价结果添加到当前地图中进行显示, 并根据用户的选择确定是否自动打开评价结果的属性表。

### (3) 结果统计功能

本系统的结果统计功能分为按照区县统计和按照类型统计两类,方便用户了解北京市湿地价值在各区县的空间分布情况,以及各个湿地类型的价值分布情况。

在结果统计对话框中,输入需要统计的价值评价结果和统计结果的保存路径,就可开始执行统计。执行过程中,系统中会实时显示执行的操作、执行耗费时间,并提示执行是否成功;执行完成后,弹出对话框让用户选择是否显示统计结果。

#### (4) 制图输出功能

制图输出功能包括制图功能和输出功能两个部分,制图部分主要是指地图符号的更改、地图整饰要素的插入、地图的排版等,而地图输出分为地图导出为图片格式和地图打印两种模式。

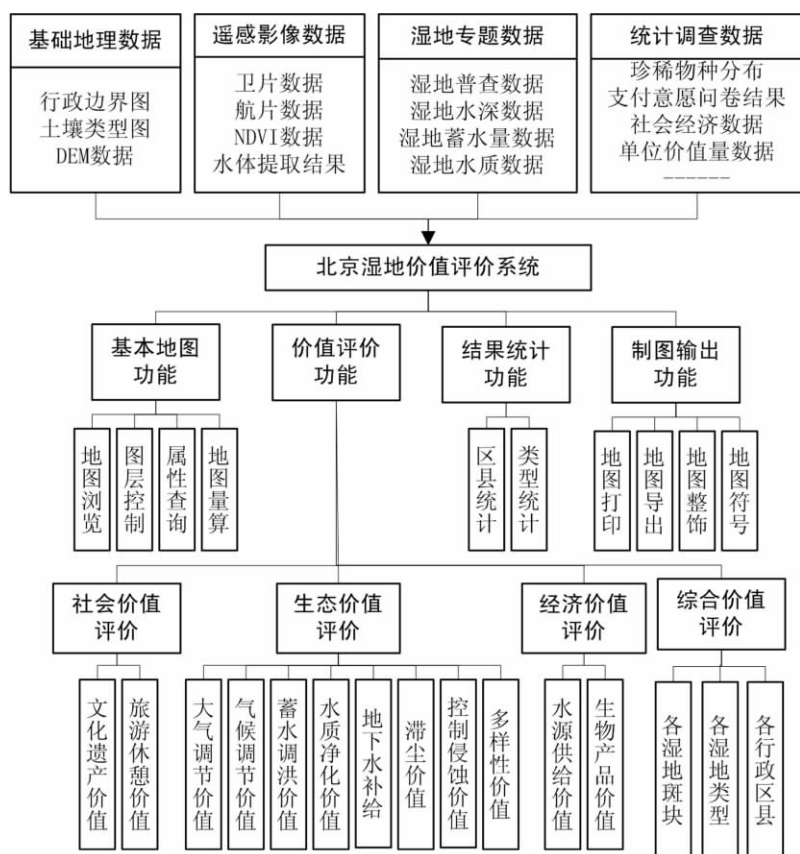


图2 系统功能设计

Fig. 2 The structure of the functions of the system

### 3 系统核心模型

北京湿地价值评价系统实现的关键部分就是要建立每个价值评价模型。在研究过程中,首先要对每个价值的评价方法进行研究和分析,以此作为模型建立的基础。下文将分别对本系统中12个价值评价模型的原理进行介绍,每个价值详细计算方法来自于北京师

范大学与首都师范大学的北京湿地资源价值评价与功能分区技术报告<sup>[12]</sup>。

### 3.1 大气成分调节价值

湿地大气调节价值由固碳价值和释氧价值组成。根据植物光合作用原理, 1g 湿地植被生物量可固定二氧化碳 1.63g, 释放氧气 1.19g, 结合固碳价格和释氧价格, 就可计算得到湿地的大气成分调节价值。其中湿地植被生物量由遥感影像结合野外实测生物量建立统计模型计算得到。

$$V_{Air} = V_C + V_{O_2} = 1.63 \times B \times w \left( \frac{C}{CO_2} \right) \times P_c + 1.19 \times B \times P_{O_2} \quad (1)$$

式中:  $V_{Air}$  为大气成分调节价值,  $V_C$  为固碳价值,  $V_{O_2}$  为释氧价值,  $P_c$  为固定单位质量碳的价格,  $P_{O_2}$  为人工制造氧气的单位价格。

### 3.2 气候调节价值

本系统中采用替代价值法来计算湿地的气候调节价值, 也就是用加热使液态水转化为水蒸气所需要燃料的价值来衡量气候调节价值。计算中根据 NDVI 植被指数和常规气象站点的降水、温度、蒸发量等观测数据, 得到陆地蒸散量<sup>[13]</sup>和水面蒸发量, 再根据遥感影像提取得到水面面积, 结合单位液态水转化为水蒸气的价值, 最终计算得到湿地的气候调节价值。

$$V_{Climate} = (ET_{LandSurface} \times S_{LandSurface} + ET_{Water} \times S_{Water}) \times 10^{-3} \times V_{UnitPrice} \quad (2)$$

式中:  $V_{Climate}$  为气候调节价值,  $ET_{LandSurface}$  为湿地陆地表面蒸发量,  $ET_{Water}$  为水体表面蒸发量,  $S_{LandSurface}$  和  $S_{Water}$  分别为湿地陆地表面和水体表面的面积,  $V_{UnitPrice}$  为水由液态水转化成水蒸气的单位价值。

### 3.3 蓄水调洪价值

蓄水调洪价值是湿地最为重要的价值之一, 本系统中采用了损失替代法<sup>[15]</sup>来计算, 也就是将被保护而未受洪水灾害的农田的经济价值, 作为湿地蓄水调洪的价值。计算公式如下:

$$V_{WaterRegulation} = C \times A \times V_{unit} = \sum_{i=1}^n S_i \times H_i \times A \times v_{unit} \quad (3)$$

式中:  $V_{WaterRegulation}$  为湿地蓄水调洪价值,  $C$  为湿地再蓄水总容量,  $A$  为单位体积库容减少的受灾面积,  $v_{unit}$  为单位受灾面积的经济损失 (由研究区历史灾害数据分析获取),  $S_i$  为湿地斑块  $i$  的面积,  $H_i$  为湿地  $i$  的再蓄水深度。

### 3.4 水质净化价值

湿地水质净化价值的计算一般采用替代价值法, 将相同的污染物质用人工系统进行净化的成本作为湿地净化水质的价值<sup>[14,15]</sup>。本系统中主要考虑总氮总磷的净化价值, 湿地的净化总量通过采水样进行分析获得, 计算公式如下:

$$V_{Purification} = V_N + V_P = \Delta Q_N \times \alpha_N + \Delta Q_P \times \alpha_P \quad (4)$$

式中:  $V_{Purification}$  为湿地水质净化价值,  $V_N$  为净化总氮的价值,  $V_P$  为净化总磷的价值,  $\Delta Q_N$  为总氮被净化的总量,  $\Delta Q_P$  为总磷被净化的总量,  $\alpha_N$ 、 $\alpha_P$  为单位质量总氮、总磷净化的费用。

### 3.5 控制土壤侵蚀价值

生长于湿地中的植被可以起到保持水土、防止土壤肥力流失的作用。本系统中将这一作用分解为固土价值和保肥价值两个部分<sup>[16,17]</sup>, 计算公式如下:

$$V_{ErosionControl} = (A_0 - A) / p_{soil} \times S_{wge} \times v_{soil} + (A_0 - A) \times S_{wge} \times \sum (M_i \times T_i \times v_{fertilizer}) \quad (5)$$

式中:  $V_{ErosionControl}$  为湿地的控制土壤侵蚀价值,  $A_0$  为潜在土壤侵蚀量,  $A$  为实际土壤侵蚀量,  $S_{wge}$  为斑块的植被面积,  $p_{soil}$  为土壤容重值,  $v_{soil}$  为土壤造价,  $i$  表示土壤中的营养物质 N、P、K,  $M_i$  为土壤中 N、P、K 的含量,  $T_i$  为土壤中碱解氮、速效磷和速效钾折算为化肥的系数,  $v_{fertilizer}$  为 N、P、K 肥的市场价格。

### 3.6 生物产品价值

湿地向人类提供的各种生物产品都有着直接的经济价值。根据统计资料得到研究区种植或养殖生物产品的种类、产量, 根据调查资料获取各产品的单价, 再结合用户提供的种植、养殖范围, 可计算得到湿地生物生产总价值。计算公式如下:

$$V_{productSupply} = \sum S_i \times Y_i \times P_i \quad (6)$$

式中:  $S_i$  为第  $i$  类生物产品的生产面积, 本系统中考虑水稻、莲藕、芦苇和鱼类四类;  $Y_i$  为第  $i$  类生物产品的单产, 通过统计调查获取;  $P_i$  为第  $i$  类生物产品的市场价格。

### 3.7 旅游休憩价值

为人们提供旅游休憩的场所, 也是湿地尤其是城市湿地的重要价值之一。湿地旅游休憩价值属于非使用价值, 一般用旅行费用法进行计算, 也就是将人们在旅游过程中愿意花费的代价作为湿地的旅游休憩价值<sup>[18, 19]</sup>。本系统中将旅游休憩价值分解为交通运输费用价值、旅行时间成本和景点消费价值, 其公式如下:

$$V_{Recreation} = V_{TravelCost} + V_{TimeCost} + V_{Consumption} \quad (7)$$

式中:  $V_{TravelCost}$  为交通运输费用价值,  $V_{TimeCost}$  为旅行时间成本,  $V_{Consumption}$  为景点消费价值。根据湿地矢量数据和统计得到的旅游人数以及人均湿地公园旅游消费, 可以计算研究区湿地公园旅游消费价值总和, 再根据各类型湿地吸引力占公园整体吸引力的百分比, 可计算出每个湿地斑块的旅游休憩价值。

### 3.8 水源供给价值

对于水源供给价值, 本系统中主要考虑水库的蓄水总量。在计算模型中, 通过湿地矢量数据、蓄水深度统计数据, 计算出湿地蓄水总量, 再结合各湿地斑块的供水类型、用水比例以及各用水类型的综合水价, 计算得到湿地总体的水源供给价值。

$$V_{WaterSupply} = \sum C_i \times \bar{L} = \sum C_i \times (e_1 L_1 + e_2 L_2 + e_3 L_3 + e_4 L_4) \quad (8)$$

式中:  $C_i$  为水库  $i$  目前的蓄水量,  $\bar{L}$  为工农业用水及生活用水的综合价格,  $L_1 - L_4$  分别为工业、农业、生活和景观用水的价格,  $e_1 \sim e_4$  分别为工业、农业、生活和景观用水的比例, 水价和用水比例来自统计数据。

### 3.9 生物多样性价值

湿地有着重要的生物多样性保护价值, 本系统中将此价值分为动物多样性价值和植物多样性价值两方面进行计算。动物多样性价值根据野外实地调查获得的湿地珍稀鸟类的数量, 利用市场价值法计算得到; 而植被多样性价值是根据野外实测得到的 shannon-wiener 指数, 基于“多样性保护价值与植物的种类丰富程度成比例”的假设<sup>[20]</sup>计算得到。

$$V_{Biodiversity} = V_{Animal} + V_{Plant} = \sum_{i=1}^n P_i \times R_i + P_{loss} \times S_{wge} \quad (9)$$

式中:  $V_{Biodiversity}$  为生物多样性保护价值,  $V_{Animal}$  为动物多样性保护价值,  $V_{Plant}$  为植物多样

性保护价值,  $p_i$  为第  $i$  级野生保护动物的估计价格,  $R_i$  为第  $i$  级野生动物保护的数量,  $P_{loss}$  为单位面积年物种损失的机会成本, 根据 shannon-wiener 指数确定,  $S_{vege}$  为植被面积。

### 3.10 文化遗产价值

湿地作为独特的生态系统, 还蕴含着丰富的文化资源、历史资源、美学资源等。本系统中采用选择条件价值法 (CVM 法), 用人们的支付意愿衡量湿地的文化遗产价值<sup>[21, 22]</sup>。在模型中通过分析 CV 调查问卷结果, 统计得到城区和郊区居民的支付意愿; 再根据专家打分得到的权重对支付意愿进行分解, 得到各湿地斑块的文化遗产价值。公式如下:

$$V_{Culture} = \sum V_{WTP1} + \sum V_{WTP2} \quad (10)$$

式中:  $V_{Culture}$  为生物多样性保护价值,  $V_{WTP1}$  和  $V_{WTP2}$  分别是城区和郊区居民的支付意愿。

### 3.11 地下水补给价值

湿地对地下水有着一定的渗漏补给作用, 本系统中采用重置成本法进行计算。对于河流、湖泊、鱼塘、沼泽以及平原区的水库, 采用达西渗透定律计算得到渗漏量; 对于水库控制区的坝下渗漏, 则采用多年平均降雨量和渗漏量进行推算, 最终乘以地下水补给的单位水价, 就得到北京湿地地下水补给价值。公式如下:

$$V_{UGWaterSupply} = \sum K_i \times I_i \times S_i \times t_i + \frac{x}{\bar{X}} \times \bar{Q} \times V_{UnitPrice} \quad (11)$$

式中:  $V_{UGWaterSupply}$  为湿地的地下水补给价值 (万元),  $K_i$  为湿地类型剖面位置的渗透系数,  $I_i$  为垂直于剖面的水力坡度,  $S_i$  为湿地水面面积,  $t_i$  为湿地有水 (或渗漏) 时间 (除鱼塘取 270 天外, 其余湿地类型均取 365 天),  $x$  为当年降雨量;  $\bar{X}$  为多年平均降雨量;  $\bar{Q}$  为多年平均坝下渗漏量,  $V_{UnitPrice}$  为地下水补给的单位水价, 这里取中水价格。

### 3.12 滞尘价值

自然植被对粉尘有着一定的吸附和滞留作用<sup>[23]</sup>, 湿地中空气湿度较大, 且生长着茂密的植被, 因而有着很好的滞尘能力。湿地的滞尘价值主要通过替代费用法进行计算, 也就是将燃煤大气污染的排污收费价值作为单位价值。由于植被的滞尘能力主要与植被类型和茂密程度有关, 而 NDVI 又能在一定程度上反映植被的这两种性质, 本系统通过 NDVI 来计算湿地的滞尘价值, 公式如下:

$$V_{DustBlocking} = \sum NDVI \times k \times v_{DustBlocking} \quad (12)$$

式中:  $V_{DustBlocking}$  为滞尘价值,  $k$  为滞尘量与 NDVI 总和关系的推算系数, 通过文献资料推算获得;  $v_{DustBlocking}$  为滞尘单位价值, 这里取燃煤大气污染物排污收费标准。

## 4 系统实现与应用

### 4.1 系统实现

**4.1.1 开发模式** GIS 系统的开发模式有独立开发、宿主型二次开发、基于组件的二次开发三种方式。其中独立开发难度较大, 单纯地二次开发对于 GIS 平台软件依赖性强, 因此本系统选择了基于 GIS 组件的二次开发方式。根据系统的功能设计、可视化开发语言的易用性, 以及开发人员的语言偏好, 本系统选择了基于 ArcGIS Engine 和 .NET 环境的二次开发方法, 采用 C# 语言进行编码实现。

同时考虑到系统的规范性、易用性、稳定性、可扩展性等原则, 以及开发周期的长

短, 本系统选择了以模型集成为基础的开发模式, 开发过程中将模型编译为 dll 文件, 在主程序中进行调用。这种开发方法中系统的核心功能由模型完成, 而界面在开发环境中定制, 不仅大大缩短了开发周期, 也实现了功能与界面的分离, 使系统更加易用、便于扩展。系统开发的技术路线如图 3。

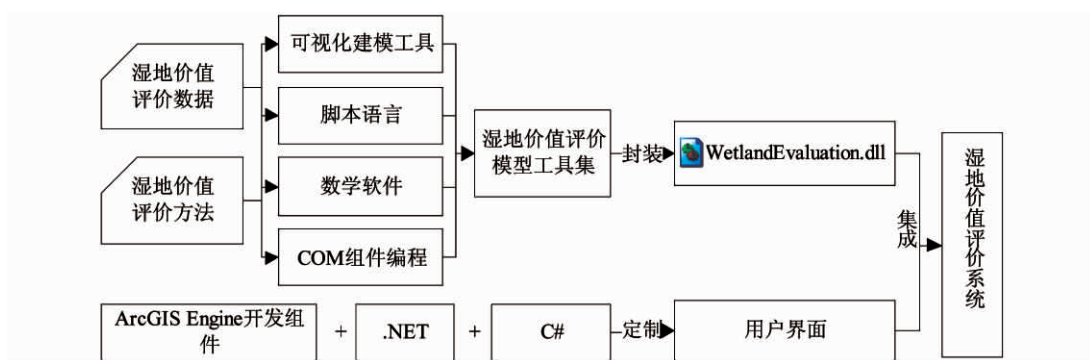


图 3 湿地价值评价系统实现技术路线

Fig. 3 Technology route of the implementation of wetland evaluation system

**4.1.2 模型构建** 以模型集成为基础的开发模式, 首先必须将模型原理中的概念、公式、算法等转化为 GIS 环境中可执行的模型, 这一过程可称为建模。建模的方法主要有四种: 第一, 利用可视化建模工具建模, ArcGIS 和 ERDAS 都提供了此类工具; 第二, 利用脚本代码建模, 例如 Vbscript、Jscript、Python 等; 第三, 编写程序建模, 例如在 IDL、MATLAB 等环境中建立数学模型; 第四, 利用 COM 组件建模, 如调用 ESRI 公司提供的 ArcGIS Engine 组件, 在其提供的空间分析工具的基础上建立自己的模型。

本研究中通过对价值评价方法和湿地数据集进行分析, 解析输入数据和必要参数, 主要利用 ArcGIS 中的 Model Builder 建模工具, 对 12 个价值分别构建了价值评价模型, 最终形成北京湿地价值评价模型工具集 (图 4)。

**4.1.3 系统集成** 系统在开发过程中利用 ArcGIS Engine 调用 GeoProcessing (简称 GP) 工具的方法对模型进行调用和执行。首先, 将模型工具集以插件的形式封装, 编译为动态链接库 (.dll) 文件, 嵌入到当前解决方案中; 然后, 在系统代码编写过程中, 将模型作为自定义的 GP 工具进行调用, 向模型传递参数, 设置模型运行环境, 并进行数据有效性检验; 最后, 执行模型, 将结果输出到用户指定目录, 并根据用户需求显示结果属性表或将结果显示在当前地图中。系统数据库采用了 ArcGIS Geodatabase 数据模型, 该模型可以实现在同一

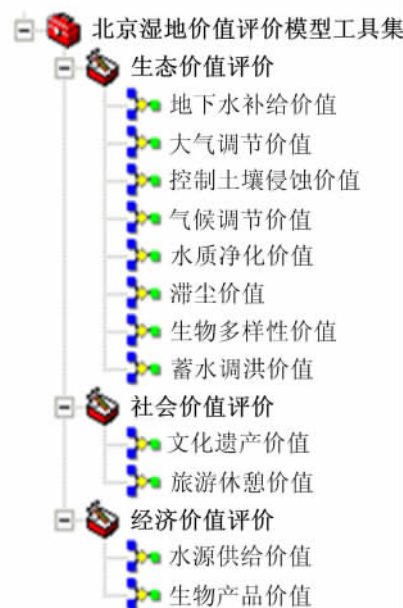


图 4 北京湿地价值评价模型工具集

Fig. 4 Model toolbox for Beijing wetland evaluation



数据库中对矢量和栅格数据进行统一管理, 支持长事务和版本管理, 可管理连续的空间数据而无需分幅分块, 并且使空间数据的录入和编辑更加精确<sup>[24]</sup>。

**4.2 系统应用** 将北京湿地价值评价相关数据输入系统, 经过对所有价值进行评价和结果统计, 得到北京湿地的综合价值约为 129 亿元。价值计算完成后, 系统会自动将结果加入当前地图文档中, 用户可以根据自己的习惯对评价结果进行分级显示, 并可以对价值评价结果按区县或者按湿地类型统计, 图 5 为湿地价值按区县统计的结果。

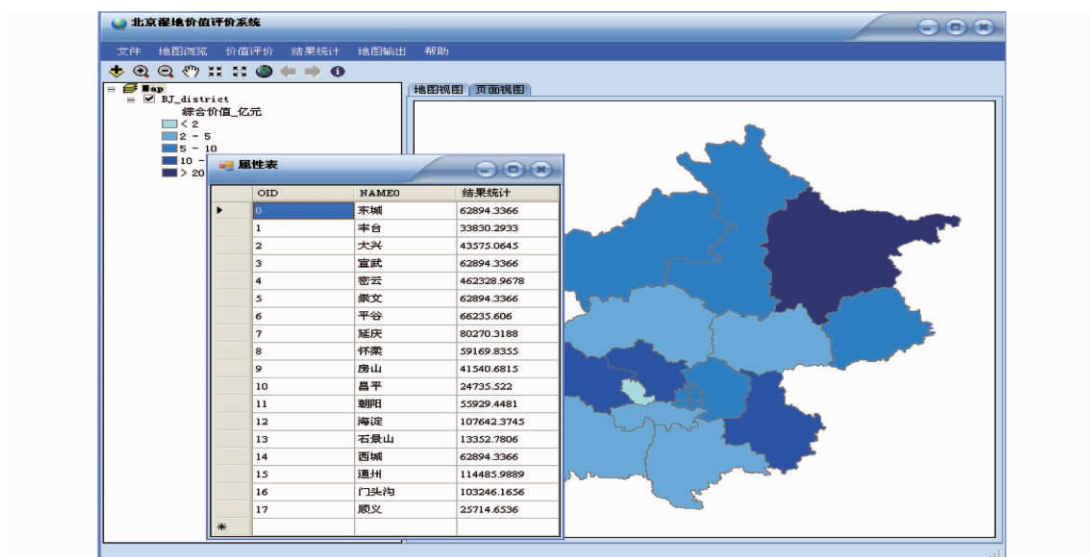


图 5 北京湿地综合价值按区县统计结果及其空间分布

Fig. 5 The integrated value of wetlands in each district of Beijing and its spatial distribution

## 5 结论

湿地是一种重要的生态系统, 它具有非常重要而广泛的功能, 对湿地各种功能进行全面深入评价, 定量计算其价值量, 这对于社会公众客观形象认识湿地重要性, 对于管理者合理制定合理有序的湿地保护与利用政策具有十分重要的意义。

本文介绍了湿地的大气调节、气候调节、蓄水调洪、水质净化、地下水补给、控制土壤侵蚀、生物多样性、滞尘、生物产品、水源供给、文化遗产和旅游休憩等 12 项价值评价方法, 并利用 ArcGIS Model Builder 等多种建模方式, 构建了 12 项湿地价值评价模型及评价工具集, 然后将湿地价值评价模型工具集进行统一封装和调用, 最后基于 ArcGIS Engine 二次开发组件, 在 .NET 环境下设计了湿地价值评价系统。这种湿地价值评价建模及系统开发方式, 能够快速简单实现, 系统运行稳定可靠。

湿地价值评价系统在北京市得到应用, 能够快速计算出北京市近 2000 个湿地斑块的 12 项功能价值量, 还可以快速统计出河流、城市湿地公园、沼泽、湖泊、水库、水塘等湿地类型的单项价值和综合价值, 以及北京市 18 个区县的湿地单项价值和综合价值, 并可以进行湿地价值排序。该系统还能够有效管理湿地专题数据、统计调查数据、基础地理信息数据和遥感影像数据, 能够有效集成和管理 12 项湿地价值评价模型, 用户可以根据

实际需要进行价值评价结果的统计和地图的输出,很好地解决了北京湿地价值评价的自动化、流程化、标准化实现。

随着遥感和地理信息系统技术的发展,以及湿地数据采集的规范化、规模化,湿地价值评价系统领域将进一步发展和完善,在提高人们湿地保护意识的同时,为湿地开发中占用补偿等管理政策提供基础数据。

致谢:本系统中的湿地普查数据由北京市园林绿化局提供,所采用的湿地价值评价方法是在北京市园林绿化局、北京师范大学资源学院和首都师范大学资源环境与旅游学院共同承担的北京科技计划项目“北京湿地资源价值评价与功能分区(编号:D08040600580801)”的研究结果和技术报告上进一步改善得到,北京市园林绿化局领导、项目组专家、项目承担单位老师和研究生为湿地价值评价提供了许多帮助和建议,在此表示诚挚的感谢。

#### 参考文献:

- [1] 吴炳方,黄进良,沈良标.湿地的防洪功能分析评价——以东洞庭湖为例.地理研究,2000,19(2):189~193.
- [2] Larson J S, Mazzarese D B. Rapid assessment of wetlands: History and application to management. In: Mitch W J. Global Wetlands: Old World and New. Amsterdam: Elsevier, 1994. 625~636.
- [3] 张培.白洋淀湿地价值评价.保定:河北农业大学,2008.
- [4] James R F. Wetland valuation: Guidelines and techniques. PHPA/AWB Sumatra Wetland Project Report No 31, Asian Wetland Bureau-Indonesia, Bogor, 1991.
- [5] Young D A. Wetlands are not wastelands. In: Mitsch. Global Wetlands: Old World and New. Amsterdam: Elsevier, 1994. 683~689.
- [6] 崔丽娟.扎龙湿地价值货币化评价.自然资源学报,2002,17(4):451~456.
- [7] 庄大昌.洞庭湖湿地生态系统服务功能价值评估.经济地理,2004,24(3):391~432.
- [8] 李晓东.基于GIS的松嫩平原湿地信息系统研究.大连:大连理工大学.2005.
- [9] 张东水,兰樟仁,李铮,等.基于MapObjects的闽江口湿地信息系统.地球信息科学,2008,10(1):50~54.
- [10] 石云,张靓.基于GIS的银川湿地资源管理系统建设.中国水土保持,2009(12):60~62.
- [11] 穆森.野鸭湖湿地信息系统的设计与实现.北京:首都师范大学,2008.
- [12] 北京师范大学和首都师范大学.北京湿地资源价值评价与功能分区技术报告,2011.
- [13] 孙睿,刘昌明,李小文.利用累积NDVI估算黄河流域年蒸散量.自然资源学报,2003,18(2):155~160.
- [14] Turpie J, Lannas K, Scovronick N, *et al.* Wetland ecosystem services and their valuation: A review of current understanding and practice. Water Research Commission Report TT440/09, 2010.
- [15] Woodward R T, Yong S W. The economic value of wetland services: A meta-analysis. Ecological Economics, 2001,37:257~270.
- [16] 高江波,周巧富,常青,等.基于GIS和土壤侵蚀方程的农业生态系统土壤保持价值评估——以京津冀地区为例.北京大学学报:自然科学版,2009,45(1):151~157.
- [17] Pimental D, Harvey C, Resosudarmo P, *et al.* Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. Science, 1995,267:1117~1123.
- [18] De Groot R S, Wilson M A, Boumans R M J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. Ecological Economics, 2002,41:393~408.
- [19] USACE/WES. Procedures for Evaluating Wetlands Non-Market Values and Functions. US Army Corps of Engineers Waterway Experiment Station. Wetlands Research Program Technical Note WG-EV-2. 1, 1994.
- [20] Chen Z M, Chen G Q, Chen B, *et al.* Net ecosystem services value of wetland: Environmental economic account. Commun Nonlinear Sci Numer Simulat, 2009,14:2837~2843.
- [20] Hanemann W M. Valuing the environment through contingent valuation. The Journal of Economic Perspectives, 1994,8(4):9~43.

- [21] Kosz M. Valuing riverside wetlands: The case of the "Donau-Auen" national park. *Ecological Economics*, 1996, 16:109~127.
- [22] 冯朝阳,高吉喜,田美荣,等. 京西门头沟区自然植被滞尘能力及效益研究. *环境科学研究*, 2007, 20(5):155~159.
- [22] 曹云刚,朱晓华,丁晶晶. 城镇产业布局基础空间信息数据库系统的设计与实现. *地理研究*, 2010, 29(1):173~180.

## The design and implementation of wetland evaluation system of Beijing based on models

JIANG Wei-guo<sup>1,2</sup>, LI Xue<sup>3,1</sup>, JIANG Tao<sup>4</sup>, CHEN Yun-hao<sup>1,2</sup>,  
ZHU Lin<sup>4</sup>, ZHAO Wen-ji<sup>4</sup>, CHEN Qiang<sup>1,2</sup>, LEI Xuan<sup>1,2</sup>

- (1. State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 3. Star Map Press, Beijing 100088, China; 4. College of Resource Environment and Tourism, Capital Normal University, Beijing 100054, China)

**Abstract:** The research on the evaluation of wetlands can show the function and value of wetlands clearly to the people and governors, which is of great significance to the protection and management of wetlands. This paper studied the valuation methods of wetland functions, such as air regulation, climate regulation, water storage and flood control, water purification, groundwater recharge, erosion control, biodiversity maintenance, dust uptake, product output, culture heritage and recreation. On the basis of these valuation methods, we built 12 wetland valuation models via ArcGIS Model Builder and other modeling tools, and then designed and implemented the Beijing wetlands evaluation system. The system was built on the basis of the Microsoft. NET environment, using ArcGIS Engine component.

Some conclusions can be drawn as follows. (1) We established a model and tool set first, then packaged them to a unified module, and finally developed the application systems. This method for the design and development of the wetland value assessment system is simple, easy to use, and can provide reliable results. (2) The system can manage the data of wetland resources effectively, calculate each value of each function and the comprehensive value of the wetland resources quickly and easily, acquire the value of each wetland patch, each wetland type and any statistical unit of Beijing wetlands, and it can also compile wetland value maps and give statistical reports. (3) The wetland evaluation system provides an automated, streamlined, standardized measurement method, which is potential for replication.

**Key words:** model; Beijing; wetland; evaluation system