

# 水源涵养林评价系统的构建

姚炳全,岳德鹏\*,陈金星,岳攀

(北京林业大学 精准林业北京市重点实验室,北京 100083)

**摘要:**水源涵养林是一种复杂的森林生态系统,具有多种功能和不同的效益,其效益不能直观认识,也不是单纯由其技术性和经济性决定,需要进行系统的研究评价。利用经济学、生态学和 GIS 的相关学科的原理和方法进行建模,以 Microsoft Visual studio 2010 为开发平台,设计开发了水源涵养林的评价系统。系统由监测子系统、评价子系统和专题图子系统三大部分组成,实现过程监测、任务监测、成效监测和资源监测,还具有综合评价、满意度评价以及专题的绘制等功能,本系统采用 AHP-模糊综合评价分析法为水源涵养林建设工程进行评估,可对区域的发展、规划等提供参考。

**关键词:**水源涵养林;评价;组件;AHP-模糊综合评价分析法

**中图分类号:**S752.7      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-7461(2016)03-0191-06

## Development of Water Conservation Forest System

YAO Bing-quan, YUE De-peng\*, CHEN Jin-xing, YUE Pan

(Beijing Key Laboratory of Precision Forestry, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Water conservation forest is a complicated forest ecosystem. It has many functions and benefits. However, its benefits can not be directly recognized and decided by technical and economic features, the evaluation on water conservation forest should be conducted systematically. An evaluation system was developed based on the principles and methods of economics, ecology and GIS. The system used Microsoft Visual studio as platform and consisted monitor subsystem, evaluation subsystem and thematic map subsystem, achieving process monitoring, effect monitoring, mission monitoring, and resource monitoring, as well as comprehensive evaluation, satisfaction evaluation and thematic map plotting, etc. The system was applied to evaluate the construction project of water conservation forest to provide references for regional development and planning.

**Key words:** conservation forest; evaluation; component object; AHP-fuzzy comprehensive evaluation

水源涵养林作为防护林的二级林种,是一定空间范围内,以拦、蓄降水为主,适当兼具经济资源作用的防护林<sup>[1]</sup>。中国水资源分布不均,北方缺水,除了南水北调外,水源涵养林是水资源保护主要方式之一。水源涵养林除了具有常规森林的功能外,还有改善水质、涵养水源、调节气候以及预防土壤侵蚀、调节洪水流量和枯水流量<sup>[2-3]</sup>,能保护环境,同时提供游憩等功能,兼具生态、社会和经济价值。陈锦<sup>[4]</sup>用 ArcGIS, Eardas 对京冀涵养水林进行了生态评价,李建军<sup>[5]</sup>从系统活力、林分结构、系统恢复

力、林地环境和森林经营 5 个方面筛选 30 个指标建立林分尺度水源涵养林健康评价指标体系,吴水荣<sup>[6]</sup>研究了水源涵养林的环境效益补偿机制,李金良<sup>[7]</sup>采用复合功能指标法以小班为单位调查多个指标后进行评价,喻阳华<sup>[8]</sup>对 10 种树种的水源涵养功能进行了评价。各种水源涵养林的评价需借助不同的软件进行指标的数量化,而对图形化的显示主要借助于 ArcGIS 相关软件来实现。而已有涵养林相关系统少,已有系统重于涵养林的经营<sup>[9-10]</sup>,缺少涵养林的评价。林业项目评价具有复杂性和非确定

收稿日期:2015-12-21 修回日期:2016-03-11

作者简介:姚炳全,男,在读硕士,研究方向:“3S”技术在森林资源调查中的应用等。E-mail:634468022@qq.com

\*通信作者:岳德鹏,男,博士,教授,研究方向:荒漠化防治、景观生态和土地评价。E-mail:yuedepeng@126.com

性,本研究拟研制水源涵养林评估系统,以从经济、社会、生态和综合效益等方面进行评价,使系统具有科学性、集成性与易用性等特点。

1 系统结构和设计

1.1 系统结构

系统构建于 Microsoft. NET Framework 4,使用 C# 语言,开发环境为 Microsoft Visual studio 2010,使用中间件 ArcGIS Engnie 和 Matlab COM,系统自底向上包括数据层、插件层和应用层(图 1)。在数据层,使用 Geodatabase 存储空间数据及其与空间数据相关的属性数据,使用 Access 存储经济社会数据,用 ArcSDE 空间数据库引擎管理空间数据和属性数据。插件层将数据库中的数据 and 用户相关连,包括数据存储和读取。应用层与用户交互,实现水源涵养林的监测、评估和专题图的绘制。

1.2 数据流程

数据库中工程数据、社会数据、生态数据经相应处理后,利用层次分析法进行权重的计算,之后进行效益计算,图像数据对图像进行编辑处理,最后得各类效益信息、评价信息和图形信息,从而完成对涵养水林的评价(图 2)。

1.3 系统功能

根据模块组合构建指标体系,汇总各模块指标,

形成林业项目评价总的指标体系。系统主要由监测、评估和图像处理三大功能。监测部分功能有过程监测、任务监测、成效监测和资源监测。成效监测中的生态监测功能有水源效益、土壤效益、环境效益、小气候和生物多样性等。评估系统中有综合效益评估、满意度评估和立方体模型,其中综合效益评价采用 AHP-模糊综合评价分析法,内含权重的计算。满意度评价对 不同人进行调查访问,形成调查表,之后将调查表数量化,在系统中计算出满意度。立方体评价模型为综合评价的三维展示,将评价分为评估空间、评估时间和评估目标 3 个维度,共 27 个指标组合。图形系统具有图形的导入,矢栅图的

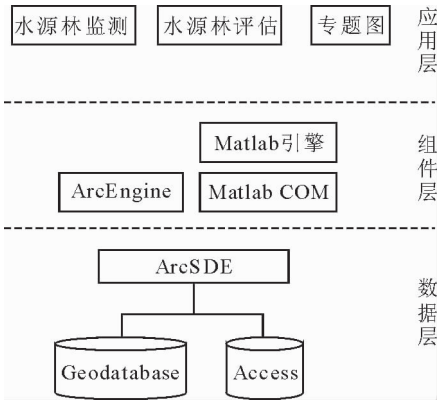


图 1 系统结构  
Fig. 1 System structure

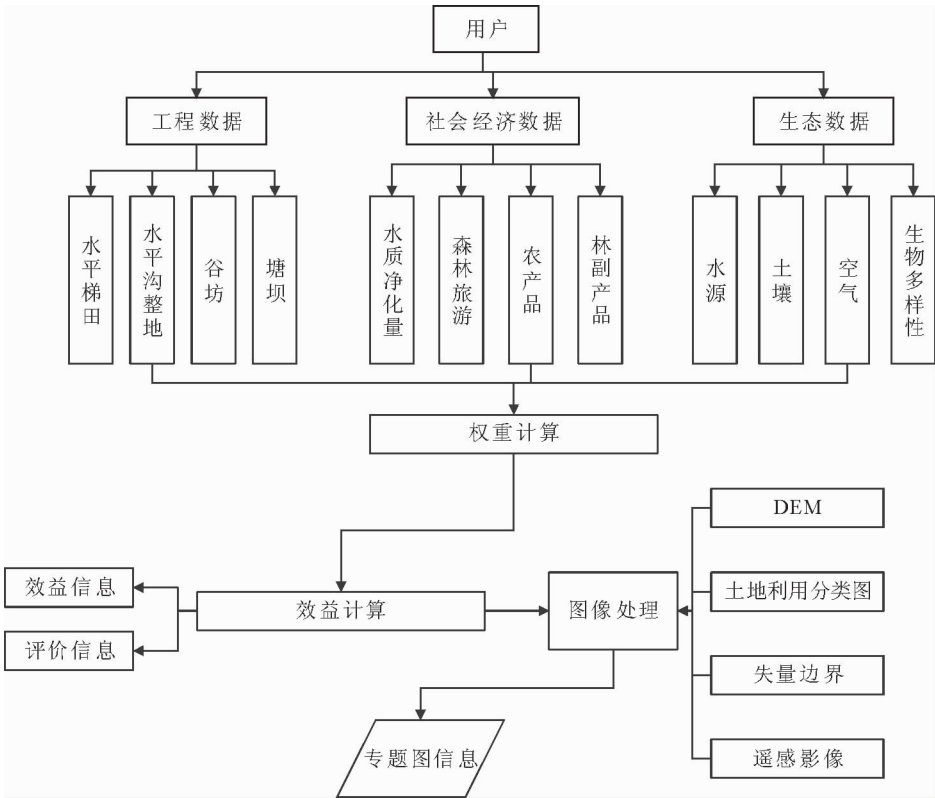


图 2 顶层数据流程图  
Fig. 2 Top data flow diagram

基本操作,图形的处理,包括图形的编辑、更新和删除等,还有图形的输出功能(图3)。



个指标,指标层为二级指标,共有 15 个指标。

然后采用模糊数学综合评价法进行水源林建设工程成效评估,再进行归一化处理(图 7)。

3.2.1.2 模糊综合评价法进行综合评价 模糊数学综合评价法是将具有连续类属程度和不明显边界的事物进行科学评价的方法。该方法可以尽可能的避免评价过程中的主观性,使评价结果更具科学性和客观性,具体步骤如下:

1) 确定评价对象的因素集  $U$  和评价等级标准级  $V$

(a)评价对象因素集  
 $U=(U_1,U_2,\cdots,U_i)$  (1)

其中: $U_i(i=1,2,\cdots,m)$ 为参与评价的因素, $m$ 为同一层次上因素的个数,这个集合后成了评价的框架。

(b)评价等级标准集  
 $V=\{V_1,V_2,\cdots,V_j\}$  (2)

其中: $V_j(j=1,2,\cdots,n)$ 是评价等级标准, $n$ 是

元素个数,即等级数或评语等级。此集合规定了任一评价因素的评价结果选择范围,评价的元素可以是定性的,也可以是量化的分值。

2)确定隶属度矩阵  
采用下式计算各单因素指标隶属度:

$$R_{ij}=\frac{m_{ij}}{n}$$

(3)

式中, $R_{ij}$ =因素  $U_i$  被评为  $V_j$  的隶属度; $m_{ij}$ =单因素  $U_i$  被评为  $V_j$  的评价数目; $n$ =总的评价数。

然后进行单因素评价得到相对于  $V_j$  的模糊向量:  
 $R_i=(r_{i1},r_{i2},\cdots,r_{ij})i=1,2,\cdots,m;j=1,2,\cdots,n$  (4)

式中, $r_i$ 是因素  $U_i$  具有  $V_j$  的程度。矩阵中的每一行都是对每个单因素的评价结果,整个矩阵包含评价集合  $V$  对评价因素集合  $U$  评价后的信息。且本系统采用专家打分法确定性指标隶属度,应用隶属度函数计算定量指标隶属度<sup>[18]</sup>。

3)进行综合评价



图 7 层次分析法指标计算界面

Fig. 7 Index calculation interface of AHP

3.2.2 评价模型的实现 评价系统中主要的为评价模型,模型将涵养水源林评价维度设为时间、空间和目标 3 个,分别用  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  表示,每个维度选择 3 个变量:从项目所处的时间( $X$ )维度上看,项目时段分为“计划时期”(X1),“执行时期”(X2)和发挥“效益时期”(X3);从项目的空间( $Y$ )维度上看,涉及范围分为“项目”本身(Y1),项目所在“地方”(Y2)和从“全国”角度(Y3);从项目目标( $Z$ )维度上看,分为“经济目标”(Z1),“社会目标”(Z2)和“生态目标”(Z3)。以此为基础,任何 1 种三维  $X_iY_jZ_k$  组合就是水源林评价的 1 个技术经济评价模块,这样共有  $3\times3\times3=27$  个。

27 个指标按照  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  3 个轴(时间,空间和目标)的三维排列,按键盘中的左右键可以进行左右旋

转,用鼠标点击其中 1 个小立方体,点击时所在的立方体会变蓝,点击后会出现计算结果(图 8)。

3.3 专题图系统的实现

专题图部分主要使用 ArcGIS Engnie,实现了图形的放大、缩小、移动、测距、空间查询、地图控制等基本功能,另外可进行矢量图的编辑和专题图的制作和输出等(图 9)。

4 结 论

本系统以 C# 作为开发语言,开发设计了水源涵养林估计系统。评估系统中综合效益评估以时间、空间和目标 3 个维度来评价,包含了经济、社会、生态 3 个目标层以及涵养水林建设的前、中和后期,也包括了林农、当地政府和北京市 3 个主体,全方位



