

河北省水源涵养生态功能保护区划分研究

刘征, 赵旭阳

(石家庄学院 资源与环境系, 河北 石家庄 050035)

摘要: 水源涵养是生态系统为人类提供的重要服务功能之一。选取植被结构类型、植被郁闭度、地表层覆盖状况和土壤理化性质等指标, 并将其量化, 用 ArcView 软件分别作出了各指标矢量图。运用层次分析法, 根据专家系统意见, 构建判断矩阵, 确定了各指标的权重。综合叠加各指标矢量图, 得到了河北省水源涵养生态功能保护区分级图。研究认为, 水源涵养生态功能保护区范围为河北省各大城市水源区、冀北、燕山山地和太行山山地等。

关键词: 水源涵养; 生态功能保护区; 植被郁闭度; 层次分析法; 矢量图

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2008)02-0180-04

中图分类号: X171.4

Classification of Protected Ecological Function Area for Water Conservation in Hebei Province

LIU Zheng, ZHAO Xu-yang

(Department of Resources and Environment, Shijiazhuang University, Shijiazhuang, Hebei 050035, China)

Abstract: Water conservation in an ecosystem is one of the important service functions with which the ecosystem provides human being. Vegetation structure type, vegetation overlay degree, the earth surface cover condition, and soil physical and chemical properties were selected and quantified scientifically. Various digital maps were made separately by using ArcView software. By using AHP method and referring to the results from the expert system, a judgment matrix was constructed, various indicator weights were determined, and digital maps of various indicators were superimposed synthetically. The classification map of protected ecological function area for water conservation in Hebei Province was obtained. The protected ecological function area covers the water source areas of big cities in the province and the regions such as North Hebei Province, Mt. Yan, and Mt. Taihang.

Keywords: water conservation; protected ecological function area; vegetation overlay degree; AHP; digital map

水源涵养是生态系统重要生态功能之一, 主要表现在截留降水, 增加降水, 抑制蒸发, 缓和地表径流, 增强土壤下渗等。水源涵养生态功能保护区主导功能是保持和提高水源涵养、径流补给和调节能力, 辅助功能是保护生物多样性, 保护重要渔业水域和维护水自然净化能力^[1]。河北省地处半湿润与半干旱气候, 高原与平原地貌, 牧区与农区生产类型的过渡交接地带, 生态系统结构简单, 自我调节能力差, 生态承载力低, 生态平衡容易破坏, 且恢复难度较大。目前, 河北省生态环境状况面临严峻形势, 原生森林植被破坏严重, 草地退化现象存在, 水资源短缺, 绝大多数山泉枯竭, 平原河流断流, 湖泊萎缩、消亡等问题还没有

得到有效遏制^[2]。河北省划分水源涵养生态功能保护区已迫在眉睫。本文在广泛深入调查研究, 征求大批专家意见的基础上, 科学构建指标体系, 运用 ARCVIEW 软件对河北省水源涵养保护区进行划分, 一是为河北省生态功能保护区的划分奠定基础, 二是全国生态功能保护区建设研究方法的一个新尝试。

1 指标的选取

区域生态系统水源涵养能力由地表覆盖层涵水能力和土壤涵水能力构成, 二者分别取决于植被、地表层覆盖状况以及土壤理化性质因素^[3]。植被情况对生态系统水源涵养能力影响主要表现在截留降水。

收稿日期: 2007-10-11

修回日期: 2007-11-05

资助项目: 河北省生态功能区划(04276713); 石家庄学院校级重点课题

作者简介: 刘征(1979—), 女(汉族), 河北省邯郸市人, 硕士, 研究方向为生态环境规划与评价。E-mail: liuzheng111_1979@163.com。

降落到森林中的雨滴,受到林冠的截留,引起降雨的再分配。降雨的一部分首先到达树冠的叶、枝、干表面,由于表面张力和重力的均衡作用而被吸附或积蓄在枝、叶的分叉处;有一部分随着保留雨量的增加导致表面张力和重力失去平衡,自然地或由于风吹动而从林冠滴下;降雨的另一部分则顺着枝条、树干流到地面。不同的植被类型与郁闭度截留降水能力不同,即对生态系统水源涵养能力影响不同^[4-6]。

地表层覆盖状况对生态系统水源涵养能力影响主要表现在抑制蒸发,缓和地表径流。不同林地类型的枯枝落叶层覆盖,大团块覆盖的开垦地,裸露的砾石戈壁和砂砾质戈壁以及裸露的沙丘等水源涵养能力不同。植被枯枝落叶层像海绵一样具有较大的水分截持能力,从而影响到降雨对土壤水分的补充和植物水分的供应。根据测定,林地表面的凋落物层保持的最大水量可达到 3~5 mm,在枯枝落叶层非常厚的原始林最多可达 30 mm。植被枯枝落叶层的持水能力与其种类、干重、湿度、分解程度、累积状况以及前期水分状况、降雨等气象条件密切相关。据研究,苔藓、针叶、软阔叶、硬阔叶和乔灌木枝干的最大持水率分别为 587%,172%,386%,250%和 152%^[7-10]。

土壤理化性质对生态系统水源涵养能力的影响主要表现在增强下渗,抑制蒸发。降水到达林地土壤表层,开始进行第 3 次再分配,水分向土壤入渗,部分滞蓄土壤中,形成土壤水,被林木及植物根系吸收蒸腾或直接因蒸发回归大气中。入渗到土壤中的水分贮存于包气带和饱水带中,形成亚表层流。当降水强度超过入渗强度或暂时贮存于土壤中的水分超过一定限度时,就会形成积水,向低处流动,产生地表径流,参与流域汇流过程。因此,土壤层的水文特性对水分的贮存量和输出量有着非常显著的影响。对流域水资源的合理分配起着重要的作用。土壤的蓄水能力,即最大可能蓄水量与土壤总孔隙度密切相关。

因此,本研究选取 4 项指标:植被结构类型、植被郁闭度、地表层覆盖状况和土壤理化性质来评价河北省各地水源涵养功能,根据评价结果进行水源涵养保护区的划分。

2 指标的量化

2.1 植被类型

不同的植被类型对水源涵养影响力不同。本研究不考虑森林涵养水源的全部组成要素,只通过研究流域降水量和流域出流径流量两个森林水量平衡的“入口”与“出口”,来分析不同林型结构因子与森林水源涵养功能之间的相关关系。在运用 ERDAS 和

GIS 技术的遥感解译图上,采用灰色关联分析法,结合水文数据,分析不同林型(共 5 个因子)与年降雨量、年径流量之间的关系^[11]。

(1) 确定母序列。确定母序列为 2 个因素,即年径流量(y_1)与年降雨量(y_2),记为 $\{y_i\} = \{y_1, y_2\}$,见表 1^[7]。

表 1 河北省 4 大流域降雨量与年径流量

流域名称	面积/km ²	年降水量 y_1 / mm	年径流量 y_2 / mm
滦河	45 870	623.8	143.8
海河	125 751	797.1	59.6
辽河	4 413	487.0	64.0
内陆河	11 656	386.7	14.2

(2) 确定子序列。河北省植被类型划分为寒温带、温带山地针叶林,温带针叶林、温带落叶阔叶林、山地桦杨林和温带落叶灌丛等 5 种。所以确定子序列为 5 个因素,即寒温带、温带山地针叶林 x_1 ,温带针叶林 x_2 ,温带落叶阔叶林 x_3 ,山地桦杨林 x_4 ,温带落叶灌丛 x_5 ,记为 $\{x_i\} = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}$ (表 2)。

表 2 河北省 4 大流域植被分布类型 %

流域	滦河	海河	辽河	内陆河
x_1 寒温带、温带山地针叶林	0.23	0.06	20.50	0
x_2 温带针叶林	0.90	1.74	23.07	0
x_3 温带落叶阔叶林	96.96	36.86	11.34	100
x_4 山地桦杨林	1.61	27.99	18.60	0
x_5 温带落叶灌丛	0.31	18.35	26.49	0

注:表中数据表示各种林型占有林地的比例。

(3) 无量纲化处理^[11]。指标数据的无量纲化,指对不同量纲的原始数据进行同量度处理,它是多指标综合评价的基础。由于降雨量、径流量、植被郁闭度和不同林型的面积百分比等单位不一致,因此对所有因子进行无量纲化处理,在此采用极大值标准化法(见表 3)。

$$X_{ij} = X_{i0} / \max\{X_{ij}\}$$

$$(i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n)$$

表 3 河北省 4 大流域植被类型分布无量纲化结果

流域	滦河	海河	辽河	内陆河
x_1 寒温带、温带山地针叶林	0.011	0.003	1	0
x_2 温带针叶林	0.039	0.075	1	0
x_3 温带落叶阔叶林	0.970	0.369	0.113	1
x_4 山地桦杨林	0.058	1.000	0.665	0
x_5 温带落叶灌丛	0.012	0.693	1	0

(4) 求关联系数。求算子序列各因子与母序列各因子之间的关联系数,结果如下

- $i_1 = (0.9106 \ 0.8427 \ 0.6089 \ 1.000)$
- $i_2 = (0.9259 \ 0.8845 \ 0.6229 \ 1.000)$
- $i_3 = (1.000 \ 0.8323 \ 0.8954 \ 0.7586)$
- $i_4 = (0.8538 \ 0.8632 \ 0.9874 \ 1.000)$
- $i_5 = (0.6781 \ 1.000 \ 0.5789 \ 0.7984)$
- $i_{21} = (0.9548 \ 0.9829 \ 0.5032 \ 1.000)$
- $i_{22} = (0.6290 \ 0.8847 \ 0.5376 \ 1.000)$
- $i_{23} = (0.8859 \ 1.000 \ 0.7771 \ 0.5856)$
- $i_{24} = (0.6236 \ 0.7152 \ 1.000 \ 1.2583)$
- $i_{25} = (0.6781 \ 1.000 \ 0.5789 \ 0.7983)$

(5) 求关联度矩阵。经计算得出子序列各因子与母序列各因子之间的关联矩阵(见表 4)。

2.2 植被郁闭度^[12]

植被(农作物等)的叶片对太阳光的红光有强烈的吸收作用,对近红外光有强烈的反射作用。依据该特性,通过极轨气象卫星(NOAA 的 AVHRR),于

2003 年 10 月 7 日中午 13:30 时对河北省植被进行探测,对探测数据进行归一化处理。归一化值(0~1)越大,森林郁闭度越高。

经计算,河北省植被郁闭度值在 0.01~0.37 之间。参考河北省森林郁闭度实际情况,给河北省植被分布区域分级赋值如表 5—6 所示。

2.3 地表层覆盖状况

河北省不同地表层覆盖状况对水源涵养功能影响差异较大。已有的试验表明,不同地表层覆盖状况涵养水源的变动序列是:水体>温带落叶阔叶林枯枝落叶层>温带针叶林枯枝落叶层>寒温带、温带山地针叶林枯枝落叶层>山地桦杨林枯枝落叶层>温带落叶灌丛枯枝落叶层>其它,河北省地表覆盖情况分级赋值结果如表 7 所示。

2.4 土壤质地

根据《国家生态功能区划编制导则》,采用河北省气象科学研究所研究结论^[13],给不同土壤质地类型赋值,结果见表 8。

表 4 河北省降雨量、年径流量与植被类型关联矩阵

项目	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
y_1	0.910 6	0.925 9	0.895 4	0.987 4	0.798 4
y_2	0.954 8	0.884 7	0.885 9	1.258 3	0.798 3
合计	1.865 4	1.810 6	1.781 3	2.245 7	1.596 7

注:表中各符号含义同表 1 和表 2。

表 5 河北省植被类型分级赋值

植被类型	其它	温带落叶灌丛	温带落叶阔叶林	温带针叶林	寒温带、温带山地针叶林	山地桦杨林
赋值	0	1	3	5	7	9

表 6 河北省植被郁闭度分级赋值

植被郁闭度	0.33~0.37	0.23~0.33	0.15~0.23	0.01~0.15
赋值	7	5	3	1

表 7 河北省地表覆盖情况分级赋值

地表覆盖状况	其它	温带落叶灌丛枯枝落叶层	山地桦杨林枯枝落叶层	寒温带、温带山地针叶林枯枝落叶层	温带针叶林枯枝落叶层	温带落叶阔叶林枯枝落叶层	水体
赋值	0	2	3	6	7	9	11

表 8 河北省土壤质地分级赋值

土壤质地	石砾、沙	粗砂土、细砂土黏土	面砂土、壤土、黏壤土、砂黏壤土	砂壤土、粉黏土、壤黏土	砂粉土、粉土
赋值	1	3	5	7	9

3 指标权重的确定

根据韦伯(Weiber)定律采用 3 标度层次分析法(IAHP)确定指标的权重。设有 n 个指标分配权重,其计算步骤为:

(1) 构造主观比较矩阵。 $C = [C_{ij}]_{n \times n}$, 式中:

$$C_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{指标 } i \text{ 比指标 } j \text{ 重要} \\ 0 & \text{指标 } i \text{ 与指标 } j \text{ 同等重要} \\ -1 & \text{指标 } i \text{ 不如指标 } j \text{ 重要} \end{cases}$$

(2) 建立感觉判断矩阵。 $S = [S_{ij}]_{n \times n}$, 式中: S_{ij}

$$= d_i - d_j; d_i = \sum_{j=1}^n C_{ij}; d_j = \sum_{i=1}^n C_{ij}$$

(3) 计算客观判断矩阵。 $R = [r_{ij}]_{n \times n}$, 式中: $r_{ij} = P(S_{ij}/S_m)$; $S_m = \max_{i,j} S_{ij}$; P ——使用者定义的标度扩展值范围,本文定义 $P=5$ 。

(4) 确定权重值。将客观判断矩阵 R 作归一化处理,得 n 个指标的权重向量 $[W_1, W_2, \dots, W_n]$ 。

(5) 确定指标的权重。结果如表 9 所示。

表 9 河北省水源涵养生态功能保护区划分指标权重

项目	植被类型	植被郁闭度	地表覆盖状况	土壤理化性质
权重	0.325	0.245	0.215	0.215

4 保护区的划分

运用 GIS 空间叠加技术,将上述指标叠加,利用 ArcView 将河北省水源涵养地区划分为 4 级,将一级地区划分为河北省水源涵养保护区。水源涵养保护区主要分布在各大城市水源区,冀北、燕山山地和太行山山地温带落叶阔叶林及山地桦杨林及承德坝上高原东北部。具体位置见图 1。

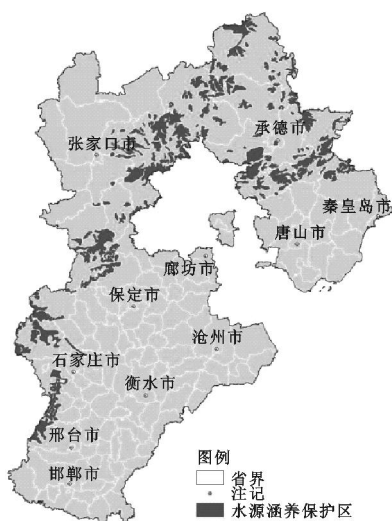


图 1 河北省水源涵养保护区分布图

5 结果与讨论

水源涵养保护区划分指标体系构建为植被结构类型、植被郁闭度、地表层覆盖状况和土壤理化性质,权重分别为 0.325, 0.245, 0.215, 0.215;将河北省水源涵养保护区划分为如图 1 所示的区域,主要分布在各大城市水源,冀北、燕山山地和太行山山地温带落叶阔叶林及山地桦杨林及承德坝上高原东北部。

生态功能保护区规划处于起步阶段,尚无统一的方法,本文指标体系的构建,指标的量化, ArcView 软件在保护区划分中的运用及指标量化过程中植被类型与水源涵养能力关系的运用等方面是对水源涵养能力评价的初次探索,尤其在指标量化过程中,各指标分级赋值情况存在不足之处,有待于进一步研究和完善。

[参 考 文 献]

- [1] 关于印发《生态功能保护区规划编制导则》(试行)的通知 环办[2001]18 号[OL]. 国家环保总局网站, <http://www.zhb.gov.cn>.
- [2] 河北省生态省建设规划纲要编写组. 河北省生态省建设规划纲要[R]. 2005.
- [3] 蔡体久. 基于 RS 和 GIS 的林型结构与森林涵养水源关系的研究[J]. 水土保持学报, 2001, 15(4): 16—19.
- [4] 陈东力, 余新晓. 中国森林生态系统水源涵养功能分析[J]. 世界林业研究, 2005, 18(1): 50—54.
- [5] 吴建平, 袁正科, 袁通志. 湘西南沟谷森林土壤水文—物理特性与涵养水源功能研究[J]. 水土保持研究, 2004, 11(1): 74—77.
- [6] 鲁绍伟, 毛富玲, 靳芳, 等. 中国森林生态系统水源涵养功能[J]. 水土保持研究, 2005, 12(4): 223—226.
- [7] 孙艳红. 重庆缙云山不同植被类型坡面土壤水分及地表径流特性[D]. 北京林业大学, 2006.
- [8] 王栋. 长江三峡库区不同植被类型对降雨产流影响的研究[D]. 北京林业大学, 2007.
- [9] 韩永刚, 杨玉盛. 森林水文效应的研究进展[C]. 福建省水土保持学会 2006 年学术年会论文集. 2006.
- [10] 范世香, 蒋德明, 阿拉木萨, 等. 论森林在水源涵养中的作用[J]. 辽宁林业科技, 2001(5): 22—25.
- [11] 刘征, 张东云. 基于 AHP 模型的生态经济区划研究[J]. 经济与管理, 2005, 19(5): 19—21.
- [12] 卢中正, 张敦虎, 邱少鹏. RS 和 GIS 技术在生态功能保护区规划中的应用[J]. 应用技术, 2003(4): 20—23.
- [13] 国家环境保护总局. 国家生态功能区划编制导则[S]. 2002.