

## 成果与方法

跋山库区土地生态评价定量系统模型研究<sup>\*</sup>

杨永生, 田宝珍

(山东省沂水县水土保持服务中心, 山东 沂水 276400)

**摘要:**应用系统论的观点建立了跋山库区土地生态系统模型,并对系统多因子进行了定量分析。在定量评价的数学模型中,应用 Q 型系统聚类分析划分土地生态类型,应用主成分分析法确定各生态类型的地位级指数。

**关键词:**跋山库区;生态评价;Q 型系统聚类;主成分分析

**中图分类号:**X825;X826

**文献标识码:**A

## 0 引言

跋山水库位于淮河流域的沂河上游,是山东省的第三大水库。该水库建成于 1960 年,坝高 33.6 m,坝长 1 770 m,总库容 5.09 亿 m<sup>3</sup>。2001 年进行了除险加固。该水库具有灌溉、发电、防洪、城市供水、改善生态环境等综合效益。跋山水库距临沂市 102 km,距日照市 118 km,位于泰薛高速公路与青沂高速公路交汇点附近,交通极为便利。在编制跋山水库土地生态评价方案时,把大坝、库尾、和一级山体组成的区域定为跋山库区(以下简称库区)。跋山水库除险加固后成为沂蒙山区沂水县“一山一水一寺一洞群”旅游线路中的旅游胜地。为了进一步开发库区旅游资源,运用系统工程对库区土地生态进行评价。从系统工程的角度来看,土地生态评价的核心是系统分析和系统模型设计。

## 1 系统分析

土地是一个自然产物,是气候、土壤、地貌、地下水等因素综合作用的结果,土地生态评价是以土地生态类型为基础,着重于生态价值和功能的评价。它直接服务于景观生态设计和景观生态规划。因此,土地生态评价是一个涉及土地自然特性和生产利用的自然-人工复合系统。从系统工程理论的观点出发进行土地生态评价,首先要进行系统分析。

系统分析的目的是解决“做什么”的问题,即提出新系统的逻辑模型,它包括系统目标分析、环境分析和结构分析等<sup>[1]</sup>。

### 1.1 系统目标分析

作为直接服务于库区景观生态规划和景观生态设计的土地生态评价系统,其目的是确定各评价单元的质量等级及其与土地利用类型之间对应的适宜关系,为合理安排花草树木的配置达到最佳景观效果提供科学的依据。因此,目标集可表示为{评价单元集-土地利用集}。据野外现场调查测绘(调绘),库区共划分为 398 个图斑,按同类合并原则合并为 188 个评价单元。

### 1.2 系统环境分析

系统环境分析就是要分析与土地生态相关的环境因素及它们之间的相互关系,包括气候、土壤、植被等,它是评价的基础和前提。同时,系统总是不断变化的,系统环境分析还要分析环境的适应性。跋山水库位于天然植被较好的沂蒙山区,由于当地政府的有效保护,天然植被人为扰动较小,维持了生物的多样性与生态系统的平衡。但是库区的生态环境本身十分脆弱,表现在植物群落上,微小的生态环境差异即可改变种群的组成。库区面积仅 78 km<sup>2</sup>,植物群落就达数十个之多,这说明植被对生态环境变化十分敏感,水库除险加固工程不可避免的对天然植被产生较大的扰动,从而切断生态平衡脆弱的链

收稿日期:2005-02-22;修订日期:2006-03-06;编辑:陶卫卫

作者简介:杨永生(1972-),男,山东沂水人,工程师,主要从事水土保持规划设计及监督管理工作。

条,造成不良后果。其直接主要后果表现为:一是破坏天然植被,形成新的人为水土流失;二是产生大量弃料,形成阶段性水土流失(而采石场则可形成永久性水土流失),严重影响当地生态环境。其间接后果主要表现在除险加固后新增库容使库区小环境发生明显变化,空气湿度增大,昼夜温差、日较差和年较差都变小,而活动积温将有所增大。这些变化在其他地区对植物群落的影响或许微不足道,但在库区是不容忽略的,在这里微小的生态环境差异都可能影响种群的组成。系统的土壤剖面调查没有发现坡向、坡位对土壤水分有明显影响,因而可以认为对群落分布的影响主要是由土层厚度、光照和空气湿度的综合因素集合引起的。而大的水体会影响光照和气温,在通常条件下这种影响对植物是有益的,但在库区则未必如此。原因是这些改变将影响生态环境微弱的平衡,在达到新的平衡之前群落将形成逆行演替而使植被的质量有所退化。因此跋山水库除险加固工程对生态环境的影响不只限于直接破坏的区域,其影响的范围要更加广泛。

1.3 系统结构分析

系统结构分析就是要分析评价系统组成要素及它们的相互关系。库区土地适宜性评价系统结构主要包括评价单元、评价指标、评价模型和土地生态类型等几个相互关联的要素(图 1)。

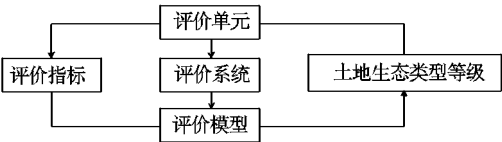


图 1 土地生态评价系统结构图

2 系统模型设计

系统模型设计的目的是解决“怎样做”的问题,它是为实现系统分析阶段提出的逻辑模型所作出的各种技术考虑和设计,即提出系统的物理模型,主要包括系统模块结构设计、输入输出设计等。

库区土地生态评价系统是由社会、经济、生态等因素组成的复合系统,既要求解决定性、定量、定位问题,又要体现多层次、多因素的特点。传统的定性评价方法难以解决定量问题,单纯的数学模型又难以解决该系统多层次多因素的特点。因此,该次评价经现状调绘为评价对象(定位),应用系统分析确

定该系统的目标及其他因素的关系,并限定评价的内容、范围、深度等,以图解形式构造评价系统模型,采用 Q 型系统聚类分析划分库区生态类型,应用主成分分析法求各生态类型的地位级指数,从而构成定性、定量、定位相结合,语方、图解、数学模型相结合的评价系统物理模型。

3 系统实施

系统实施是真正解决“具体做”的问题,系统实施阶段是具体实现系统设计阶段形成的物理模型。

3.1 确定评价单元

评价单元的大小制约着最终成果的精度和深度。根据库区生态评价的要求具体到每一块土地,以土地类型划分中的土地单元为基础单元,实施现状调绘,划分出 398 个图斑,按照同类连片的原则,合并为 188 个评价单元。

3.2 建立评价指标体系

建立评价指标体系应遵循下列原则:重要性原则,即选择那些能够反映土地生态特征的主导性指标;可量化原则;第一性原则,即选择第一性变量;连续性原则,即变量数据具有连续性的表征;分类性原则。

依据以上原则,经反复研究论证筛选,最终确定的生态-地力型评价指标体系包括 3 大类一级因子指标,17 种二级因子指标(表 1)。

表 1 土地生态评价因子指标体系

一级因子	二级因子
地形地貌	坡向
	坡位
	坡度
植被条件	郁闭度
	草被盖度
	林分均高
	平均胸径
	密率
	优势种群
	种群频率
	草被高度
土壤条件	土壤类型
	腐殖质层厚
	腐殖质 A 质厚
	A 层质地
	淋溶层 B 层厚
	腐殖质 + 淋溶层厚

### 3.3 应用 *O* 型系统聚类分析划分土地生态系统

*Q*型系统聚类分析的基本思路是:首先将每一个评价单元看成一类,然后根据单元之间的相似程度合并,并计算出新类与其他类之间的距离,再选择最相似者合并,每合并一次减少一类,基本处理步骤是: 原始数据标准化处理; 采用欧氏距离计算样品间的相似性测度; 用离差平方和法进行聚类。计算模型为:

$$X_{ij} = (X_{ij} - \bar{x}_j) / S_j \quad (1)$$

$$S_j = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$l_{ij} = \left[ \sum_{k=1}^m (x_{ik} - x_{jk})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

式中: $i$ 为评价单元; $j$ 为评价变量; $x_{ik}$ 为第*i*个评价单元第*k*个指标合成值; $x_{jk}$ 为第*j*个评价单元第*k*个指标合成值。

$l_{ij}$  值越小,表示两评价单元越相似,可聚为一类;反之,差异性越大。经计算分析,所有评价单元被聚为 3 大类。再进行二级分类,每类又被分为 3 小类,即土地生态资源被划分为 3 大类、9 小类。

### 3.4 应用主成分分析法求生态指数

主成分分析法简单说就是降维方法,即设法找出少数的几个综合因子来代表原来多个因子,这几个综合因子既能尽量多的反映原来因子的信息,而且它们彼此之间又相互独立。方法如下:

(1)原来数据的整理。应注意指标与评价方向的一致性

$$Z = (z_{ij}) = \begin{bmatrix} z_{11}, z_{12}, \dots, z_{1n} \\ z_{21}, z_{22}, \dots, z_{2n} \\ \vdots \\ z_{p1}, z_{p2}, \dots, z_{pn} \end{bmatrix}$$

$i = 1, 2, \dots, p$ ,  $i$  为指标的序号;

$j = 1, 2, \dots, N$ ,  $j$  为评价单元编号。

(2) 原始数据标准化变化处理得新矩阵  $X$

$$X = (X_{ij})_{P \times N}$$

(3) 求评价指标的相关矩阵  $R$

$$Z = (z_{ij}) = \begin{bmatrix} z_{11}, & z_{12}, & \dots, & z_{1n} \\ z_{21}, & z_{22}, & \dots, & z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{p1}, & z_{p2}, & \dots, & z_{pn} \end{bmatrix}$$

这里  $X$  与  $X$  的转置矩阵  $X'$  之积与相关矩阵  $R$  有如下关系:  $R(n-1) = XX'$

(4)应用“JACOBI”方法求矩阵  $R$  的特征值及特征向量。 $a$  为特征值,通常选取  $m$  个主成分特征值,使  $(a_1 + a_2 + \dots + a_m) / p \geq 85\%$ ,此时表示这  $m$  个主成解释全部指标提供信息的 85% 以上。

(5) 求主成分分析坐标  $y_{y(j,i)}$ 。

(6) 求生态级指数。根据主成分分析结果,结合  $Q$  型系统聚类分析结果,应用加权平均法和标准化数学处理方法,可求出各类生态级指数(表 2)。

表 2 各类生态级指数

分类代号	土地等级	生态级指数	土地生态评价	改造利用方向
3	一级地	100	阴向坡,坡度较小,土层深厚,土壤熟化程度高,林分长势好	保留
1	二级地	70	阴向坡,坡度较大,土层较浅,土壤熟化程度高,林分长势好	保留
2	三级地	50	阴向坡,坡陡,土层浅,土壤熟化程度高,林分长势好	保留
3	四级地	43	半阴半阳坡,坡度较小,土层深厚,林分长势好,部分在常水位以下	保留
2	五级地	32	半阴半阳坡,坡度较大,土层深厚,林分长势好,部分在常水位以下	根据景观要求改造
3	六级地	28	阳坡,半阴半阳坡,坡陡,土层浅,林分长势好,部分在常水位以下	根据景观要求改造
2	七级地	18	阳坡,坡陡,为弃渣堆放处,全部处在常水位以下	不作改造
1	八级地	5	半阴半阳坡,坡缓,土层浅,现为农地,水土流失严重	改水梯或退耕还林
1	九级地	1	原沟道,土层浅,土壤熟化程度低,林分长势差,全部处在常水位以下	不作改造

## 4 评价结果

通过系统模型的计算分析,把库区土地生态类

型划分为 3 大类 9 小类,并分别计算出生态级指数的高低。按照一定的精度与信度要求,通过与调查时分析,聚类与地位级指数的划分与评价取得了比

较理想的效果,与土地生态详查的结果非常吻合,并在分析科学化定量化方面有所突破。

由表 2 知,土地生态分类结果总体上与生态级指数相吻合,但表现出部分不对应性。例如,Ⅰ类生态级指数低于同类。地类Ⅰ为农田,Ⅲ为灌木林,系统聚类中聚为大类Ⅱ。农田处于中下坡位,作为农田利用的历史不仅与垦荒前的灌木林地类有较多的一致性,同时在位置上与灌木林地类相连,因此与灌木林地类聚为一大类。但作为农田利用后,其植被被覆状况显著恶化,水土流失加剧,据在农田以下灌草丛上的土壤剖面调查,其中土壤的分层与一般剖面有显著差异,其土壤上层的颜色较下层浅,说明上层的土壤是上部农田侵蚀后被下部灌草丛挂淤的土壤,农田水土流失很显著,降低了其生态级指数,因此控制水土流失是提高生态地位级的一个重

要环节。

## 5 结束语

应用系统论的观点进行土地生态评价,科学地反映了土地系统多层次、多因素的特点,所建立的评价系统较合理地解决了定性、定量、定位三结合的问题。原始数据直接应用和对生态环境具有重大影响的因子的定量分析与 Q 型系统聚类、主成分分析法相结合,客观的反映了土地生态质量和特征,评价结果有其科学性和实用性。这一思想和方法同样也适合于土地适宜性评价、水土保持规划方案评价等。

## 参考文献:

- [1] 钱学森. 论系统工程[M]. 长沙:湖南科技出版社,1982.

# Study on Quantitative Model of Land Ecological Evaluation System in Bashan Reservoir Area

YANG Yong - sheng , TIAN Bao - zhen

(Yishui Service Center of Land Keeping , Shandong Yishui 276400 , China)

**Abstract :** Land ecological model system is set up by using systematic idea , and multi - factors are analysed quantitatively. In mathematical model of quantitative evaluation , land ecological types are divided by using cluster analysis of Q system , and position ratio of all ecological types are determined by using major composition analysis method.

**Key words :** Bashan reservoir area ; ecological evaluation ; Q type cluster ; major composition analysis

(上接第 56 页)

**Abstract :** The management information system for geothermal resources of Yishu fault belt was studied on the basis of Mapinfo software. Through establishing geothermal information database and second development of software , effective management for multi - source spatial datas of geothermal resource in Yishu fault belt has been realized. This system can provide technology for development and management of geothermal resource. Framework design , basic function and establishment of spacial database are introduced in this paper.

**Key words :** Yishu fault belt ; geothermal resource ; geographic information system ( GIS ) ; remote sensing ( RS )