

文章编号: 1008-0244(2001)02-0066-06

# 贵阳市区土地资源评价模型的建立<sup>\*</sup>

刘建军 李春来 邹永廖

(中国科学院地球化学研究所, 贵阳, 550002)

**摘要** 以贵阳市区为例, 选取自然生态系统指标、社会经济系统指标和农田污染系统指标, 建立了土地资源评价模型。研究表明, 将层次分析法(AHP)运用于评价模型的建立, 并与地理信息系统(GIS)技术结合, 是进行土地资源评价的有效途径。

**关键词:** 层次分析法 GIS 土地资源评价模型

**中图分类号:** S159.2

**文献标识码:** A

土地资源评价是国土开发整治与发展战略研究的重要依据, 是协调区域土地开发与土地保护关系, 实现土地资源可持续发展的基本手段。科学地进行土地资源评价, 有利于了解区域土地资源分布的特点, 为更好地保护和利用土地资源提供科学的依据和策略。随着工业的不断发展, 贵阳市区土地资源在质量和数量上都有不同程度的下降, 为了摸清不同等级土地的分布, 更好地保护和开发有限的土地资源, 建立完备的土地资源评价模型, 进行土地资源的评价研究具有重要的意义。

## 1 研究区概况

贵阳市区位于贵州中部、云贵高原东斜坡上, 地处东经  $106^{\circ}27' \sim 107^{\circ}03'$ , 北纬  $26^{\circ}11' \sim 26^{\circ}55'$  之间。东西宽 57km, 南北长 79km, 总面积  $2406\text{km}^2$ 。全境地势南北高, 中间低, 地貌以岩溶为主; 气候属亚热带湿润温和型, 年平均气温  $15.3^{\circ}\text{C}$ , 年总积温为  $5585^{\circ}\text{C}$ , 年降水量 1200mm 左右; 土壤类型有黄壤、石灰土、水稻土、紫色土、潮土和草甸土六类, 其中以黄壤和石灰土为主<sup>[1]</sup>。

收稿日期: 2000-08-04; 修回日期: 2000-09-05

基金项目: 贵州省科学技术基金[批准号: 黔科合社字(1999)1158号]

第一作者简介: 刘建军 (1976-) 男 博士研究生 主要从事环境遥感和 GIS 的应用研究。

\* 贵阳市包括五区一市三县, 分别是云岩区、南明区、花溪区、乌当区、白云区; 清镇市; 开阳县、息峰县和修文县。本文贵阳市区是指云岩区、南明区、花溪区、乌当区、白云区。

## 2 土地资源评价模型

土地资源评价是估价土地生产力和土地适宜性的过程, 土地资源评价的技术和方法有很多, 近年来, 土地资源评价的定量方法发展很快, 一系列数学模型被应用到评价过程中, 增强了评价的精确性。

土地资源评价的模型化方法是通过建立土地质量和土地因素之间的数学模式, 对土地进行分类与评价。具体的评价模型有: 回归分析模型、投入产出模型、模糊综合评判、模糊聚类等<sup>[2]</sup>。

根据资料的收集情况, 本文采用回归分析模型。回归分析模型是把有关的土地评价因素, 以及它们与土地质量之间的关系, 近似地描述为具有线性相关关系的变量间联系的函数。这种线性相关关系可以用以下多元线性回归方程的数学模型表示:

$$LQ_i = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + \dots + b_m x_m$$

式中  $LQ_i$  是因变量, 表示土地资源质量;  $x_1, x_2, \dots, x_m$  是自变量, 表示影响土地资源质量的诸土地评价因素;  $b_0$  是回归常数项,  $b_1, b_2, \dots, b_m$  是回归系数, 在土地评价中是控制参数。

## 3 贵阳市区土地资源评价模型设计

### 3.1 指标的选择

影响土地质量的因子是多方面的, 为了科学性、系统性地对土地资源评价, 建立衡量土地质量的指标体系, 是非常必要的。

根据指标选取必须遵循科学性、完备性、简洁

性、动态性、空间性和数据的可获取性原则,以“压力-状态-响应”模型<sup>31</sup>为基础,选择压力、状态、响应三组指标,以衡量土地资源所承受的压力、土地质量的状态以及社会对这些状况的响应。

压力指标:描述人为活动对土地资源造成的压力,如土地污染,地下水的开采超过补给,木材砍伐超过再生等;

状态指标:描述土地资源的自然环境本底和土地质量现状;

响应指标:描述社会(从农民到国家决策者的各个层次)对造成土地质量状态变化的压力的响应。

根据上述指标模型,贵阳市区土地资源评价选取自然生态系统指标(B1)作为状态指标,社会

经济系统指标(B2)作为响应指标,农田污染系统指标(B3)作为压力指标<sup>41</sup>。在自然生态系统指标中,选用> 0℃积温、年平均气温、湿润度、年降水量、海拔高度、坡度、坡向、土壤类型、土壤质地、植被指数和植被类型等 11 个因子来反映区域自然生态状况;在社会经济系统指标中,用土地利用程度、农田有效灌溉率和年均粮食亩产量等 3 个因子来反映区域的社会经济水平对土地资源的影响;在农田污染系统指标中,选取土壤污染综合指数、农灌水污染综合指数和单位耕地面积上农药施用量等 3 个因子来反映区域农田污染状况。共选用 17 个因子,分 3 个层次建立起贵阳市区土地资源评价的指标体系(如图 1)。

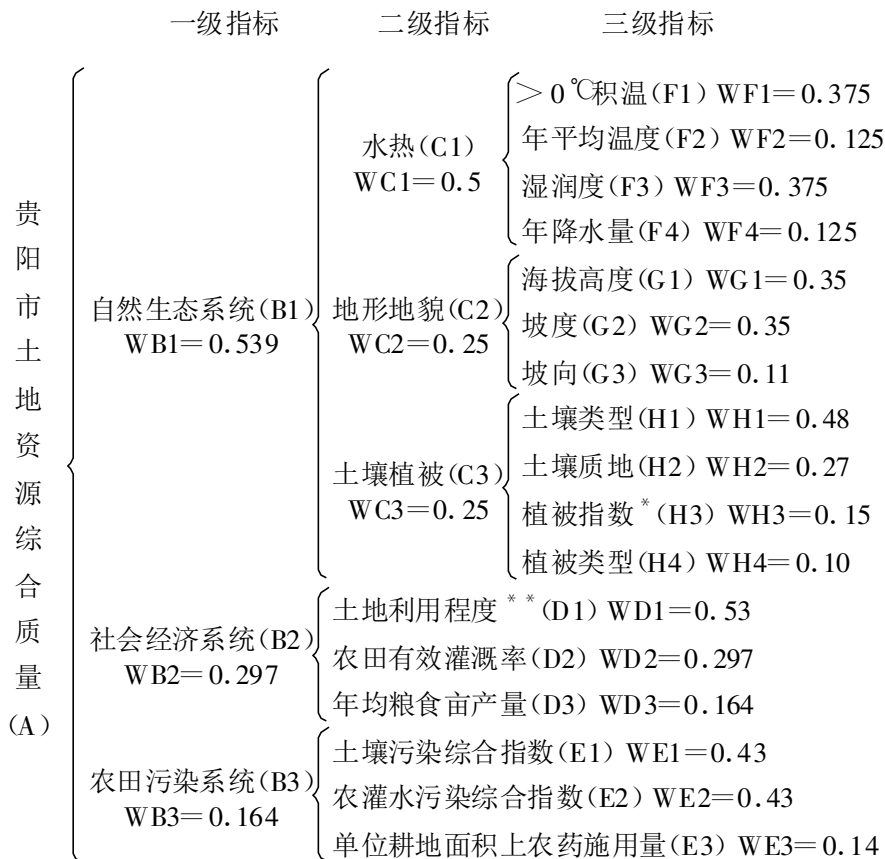


图 1 贵阳市土地资源综合质量层次分解

Fig. 1. The layer structure of land resource comprehensive quality in Guiyang City.

\* 植被指数(NDVI)是由遥感图像(NOAA, TM, MSS 等)的多光谱数据,经线性和非线性组合构成的对植被有一定意义的各种数值,其计算方法如下式:NDVI=(IR- R)/(IR+ R),式中 IR 和 R 分别为近红外波段和可见光红色波段的亮度值。本文选取的遥感图像为 1994 年 10 月 TM 数据。

\*\* 土地利用程度是反映土地利用深度和广度的指标,也是衡量人类社会对土地资源自然综合体人为干涉强度的指标,本文根据刘纪远等人在西藏自治区土地利用现状调查中提出的土地利用程度分级原则<sup>41</sup>,对土地利用程度分级赋值如表 1。

表1 土地利用程度分级赋值表

Table 1. The grades of the land use level

类型	未利用土地级	林、草、水用地级	农业用地级	城镇聚落用地级
土地利用类型	未利用地或难利用地	林地、草地、水域	耕地、园地、人工草地	城镇、居民点、工矿用地、交通用地
分级指数	1	2	3	4

### 3.2 研究区评价单元的定量化

为了改变传统地学与环境研究中的定性描述为主的状况,本文引进地理信息系统技术,以实现全要素的定量化表示。研究区评价单元的定量化,不仅实现所有参评因子的定量化,而且使参评因子落实到每一个基本分析单元,为进一步模型计算奠定了基础。同时,使定量分析结果在空间区域的横向对比和时间序列的动态分析方面都更为客观和准确,真正实现全空间区域的定量分析。

在贵阳市区土地资源评价中,以  $30\text{m} \times 30\text{m}$  的栅格为基本分析单元,同时采用统一的地理坐标,使不同因子的栅格单元数据具有良好的空间匹配性,有利于进行逻辑代数运算,满足评价和查询的需要。

### 3.3 指标的量化赋值

评价指标确定后,直接用它们去进行评价是困难的,因为各系数间的量纲不统一,没有可比性,故必须对参评的指标因子进行量化处理。量化处理的方法很多,较为简单的做法是将它们量化分级,根据它们对农业土地资源利用中正向影响的大小,从低到高分若干级,以反映环境状况从劣到优的变化<sup>[6]</sup>。

本文对参评指标的量化方法是按照公式  $S_i = \frac{X_i - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \times 10$  进行的(式中  $X_i$  为实际值或分级指数;  $X_{\min}$  为实际最小值或最小分级指数;  $X_{\max}$  为实际最大值或最大分级指数),把每一个参评指标量化为 0~10 之间的数值,以便进一步的运算。评价指标数据来源及赋值方法见表 2。

表2 评价指标数据来源及赋值方法

Table 2. The data origin of evaluation index and the way of evaluating

指标名称	数据来源	数据精度	赋值方法
> 0℃积温	省气象局实测资料		0~10分
年平均气温	省气象局实测资料		0~10分
相对湿度	省气象局实测资料		0~10分
年降水量	省气象局实测资料		0~10分
海拔高度	DTM 数据	1:10万	0~10分
坡度	DTM 数据	1:10万	0~10分
坡向 DTM 数据	DTM 数据	1:10万	0~10分
土壤类型	数字化图件	1:10万	按分级赋值0~10分
土壤质地	数字化图件	1:10万	按分级赋值0~10分
植被指数	1994年10月 TM 遥感资料		0~10分
植被类型	数字化图件	1:10万	按分级赋值0~10分
土地利用程度	遥感调查(1994年10月 TM 数据)		按分级赋值0~10分
农田有效灌溉率	统计数据		0~10分
年均粮食亩产量	统计数据		0~10分
土壤污染综合指数	省地矿局实测数据加计算		按分级赋值0~10分
农灌水污染综合指数	省环保局实测数据加计算		按分级赋值0~10分
单位耕地面积上农药施用量	统计数据加计算		0~10分

### 3.4 用层次分析法确定评价因子的权重

在土地资源评价中,因子系数权重的确定是整个评价过程中不可缺少,也是最重要的环节。随着近年来数学方法的发展,层次分析法(The Analytic Hierarchy Process, AHP)已成为确定权

因子的重要手段,它是美国运筹学家、匹兹堡大学教授 A. L. Saaty 创立的。所谓层次分析,即是根据要解决问题的性质和要达到的总目标,将与总目标有关的因素,按其相互关系与隶属关系分不同层次聚集组合,形成一个多目标、多层次的分析

结构模型。借助这一方法,决策者可以把问题看成一个系统,通过将复杂问题分解为若干层次和若干因素,在各因素之间进行简要的比较和计算,就能得到各要素的权重<sup>[5,7,8]</sup>。

AHP 法确定因子权重的具体步骤如下:

(1) 确定目标和评价因子集 U;

(2) 构造判断矩阵:以 A 表示目标,  $u_i$  表示评价因素,  $u_i \in U$ , ( $i=1, 2, 3, \dots, n$ )。  $u_{ij}$  表示  $u_i$  对  $u_j$  的相对重要性数值 ( $j=1, 2, 3, \dots, n$ ),  $u_{ij}$  的取值依表 3:

(3) 计算重要性排序:根据 A-U 矩阵,求出最大特征根所对应的特征向量。所求特征向量即为各评价因素重要性排序,也就是权数分配;

(4) 检验:用公式  $CR=CI/RI$  来检验,式中 CR 称为判断矩阵的随机一致性比率,当  $CR < 0.10$  即可认为判断矩阵具有满意的一致性,说明权数分配是合理的。CI 称为判断矩阵的一般一致性指标,RI 称为判断矩阵的平均随机一致性指标。

表 3 判断矩阵标度及其含义

Table 3. The values and meanings of judgment matrix

标度	含义
1	表示因素 $u_i$ 与 $u_j$ 比较,具有同等重要性
3	表示因素 $u_i$ 与 $u_j$ 比较, $u_i$ 比 $u_j$ 稍微重要
5	表示因素 $u_i$ 与 $u_j$ 比较, $u_i$ 比 $u_j$ 明显重要
7	表示因素 $u_i$ 与 $u_j$ 比较, $u_i$ 比 $u_j$ 强烈重要
9	表示因素 $u_i$ 与 $u_j$ 比较, $u_i$ 比 $u_j$ 极端重要
2, 4, 6, 8	2, 4, 6, 8 分别表示相邻判断 1~3, 3~5, 5~7, 7~9 的中值
倒数	表示因素 $u_i$ 与 $u_j$ 比较得 $u_{ij}$ , 则 $u_j$ 比较 $u_i$ 得判断 $u_{ji}=1/u_{ij}$

按照以上 AHP 确定评价因子权重的方法和步骤,根据图 1 各指标的层次关系,生成贵阳市区土地资源评价因子权重系数的判断矩阵如下:

LQ-B 判断矩阵如下:

$$LQ-B = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 1/2 & 1 & 2 \\ 1/3 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}$$

B1-C 判断矩阵如下: B2-D 判断矩阵如下:

$$B1-C = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 2 \\ 1/2 & 1 & 1 \\ 1/2 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad B2-D = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 1/2 & 1 & 2 \\ 1/3 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}$$

B3-E 判断矩阵如下: C1-F 判断矩阵如下:

$$B3-E = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 3 \\ 1 & 1 & 3 \\ 1/3 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} \quad C1-F = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 1 & 3 \\ 1/3 & 1 & 1/3 & 1 \\ 1 & 3 & 1 & 3 \\ 1/3 & 1 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}$$

C2-G 判断矩阵如下: C3-H 判断矩阵如下:

$$C2-G = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 3 \\ 1 & 1 & 3 \\ 1/3 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} \quad C3-H = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 5 \\ 1/2 & 1 & 2 & 3 \\ 1/3 & 1/2 & 1 & 2 \\ 1/5 & 1/2 & 1/2 & 1 \end{bmatrix}$$

运用 Delphi 语言编写的程序进行计算,得出 17 个因子的权重系数(图 1)。

从二级指标的权重系数的比较来看,对贵阳市区土地资源综合质量影响最大的 4 个因子依次是水热(C1)、土地利用程度(D1)、地形地貌(C2)与土壤植被(C3)、农田有效灌溉率(D2),它们对土地资源综合质量 LQ 的权重系数分别为 0.27 ( $0.539 \times 0.5$ )、0.16 ( $0.539 \times 0.297$ )、0.13 ( $0.539 \times 0.25$ )、0.088 ( $0.297 \times 0.297$ )。这个结果表明贵阳市区土地资源主要受自然生态因子的影响,目前要改善贵阳市区土地资源的质量首先应当考虑的是提高土地利用程度。

## 4 评价结果分析

### 4.1 建模平台

本文建模的平台是加拿大 EPS 公司开发的 PAMAP GIS 软件,通过该系统的 Modeller 模块实现各种数学关系的运算。

### 4.2 评价模型计算

根据各个子系统的相互关系,利用各指标的等级量值和权重系数,用如下公式:  $index = \sum_{i=1}^n W_i \cdot C_i$  (式中 W 为指标量值, C 为对应指标权重, i 为某子系统的指标数),分别计算出自然生态子系统指数值 B1、社会经济子系统指数值 B2、农田污染子系统指数值 B3。然后,以上述 3 个子系统指数值为基础,计算出贵阳市区土地资源综合质量指数 LQ,即  $LQ = 0.539 \times B1 + 0.297 \times B2 + 0.164 \times B3$ 。

### 4.3 结果分析

根据上述评价指标的赋值情况,每个评价指标在基本分析单元上的赋值均在 0~10 之间,在全面分析贵阳市区土地资源综合质量指数构成特点的基础上,将土地资源质量等级划分为 10 级。依据模型计算,评价统计结果见表 4.5。从表中

可以看出:

表4 贵阳市区土地资源综合质量评价结果

Table 4. The comprehensive quality evaluation results of land resources in Guiyang City

质量等级	评价指数	面积(公顷)	面积百分数(%)
1	0~1	4748	1.97
2	1~2	6111	2.54
3	2~3	23120	9.61
4	3~4	89425	37.17
5	4~5	48978	20.36
6	5~6	25096	10.43
7	6~7	39230	16.30
8	7~8	3892	1.62
9	8~9	—	—
10	9~10	—	—

(1) 贵阳市区土地资源面积中适合人类生

存的5, 6, 7, 8级土地占48.71%, 约一半; 土地质量较差的1, 2, 3级土地占14.12%, 说明贵阳市区土地资源中大部分土地资源质量较好。第4级土地占的比例最大, 这部分土地作为过渡类型, 必须予以重视, 使之向质量好的方向发展, 逐步改善贵阳市区土地资源综合质量。

(2) 贵阳市区土地资源综合质量优劣顺序依次为: 花溪区、白云区、乌当区、南明区和云岩区。

## 5 小结

(1) 贵阳市区土地资源中大部分土地资源质量较好, 土地资源综合质量优劣顺序符合贵阳市区的实际情况。

表5 贵阳市区分区土地资源综合质量评价结果(单位: ha)

Table 5. The comprehensive quality evaluation results of land resources in Guiyang district (unit: hectare)

质量等级	南明区		云岩区		乌当区		白云区		花溪区	
	面积	面积(%)	面积	面积(%)	面积	面积(%)	面积	面积(%)	面积	面积(%)
1	—	—	—	—	1159.02	1.21	142.65	0.56	1753.38	1.72
2	295.38	3.25	530.1	8.01	2004.84	2.09	478.17	1.87	2801.43	2.75
3	995.49	10.96	950.67	14.36	12065.94	12.59	2107.35	8.24	6993.9	6.88
4	4066.02	44.78	2837.79	42.85	39889.71	41.62	10335.33	40.40	32275.53	31.74
5	3104.1	34.19	1599.75	24.16	18334.53	19.13	3877.2	15.15	22054.41	21.69
6	206.46	2.27	410.4	6.20	10239.3	10.68	2524.32	9.87	11713.59	11.52
7	370.35	4.08	293.4	4.43	11113.29	11.60	6083.46	23.78	21359.34	21.00
8	42.48	0.47	—	—	1027.98	1.07	36.9	0.14	2739.06	2.69
9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

(2) 将层次分析法(AHP)与地理信息系统(GIS)技术相结合运用于评价模型的建立, 是进行土地资源评价的有效途径。

(3) 如能在土地资源评价模型中实现土地资源动态评价和土地利用规划模拟, 将使模型更加完善、实用。

## 参 考 文 献

- [1] 《贵阳市综合农业区划》编写组, 贵阳市综合农业区划. 贵阳: 贵州人民出版社, 1988.
- [2] 傅伯杰, 土地评价的技术与方法. 地域研究与开发, 1989, 8(4): 1~4.
- [3] 冷疏影, 李秀彬, 土地质量指标体系国际研究的新进展. 地理学报, 1999, 54(2): 177~185.
- [4] 阎伍玖, 区域农业生态环境质量综合评价方法与模型研究. 环境科学研究, 1999, 12(3): 49~52.
- [5] 刘纪远主编, 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1996.
- [6] 张增祥等著, 西藏自治区中部地区资源环境遥感监测与综合评价研究. 北京: 宇航出版社, 1998.
- [7] 高志强, 刘纪远, 庄大方, 中国土地资源生态环境质量状况分析. 自然资源学报, 1999, 14(1): 93~96.
- [8] 高志强, 刘纪远, 基于遥感和GIS的中国土地潜力资源的研究. 遥感学报, 2000, 4(2): 136~140.

# ESTABLISHMENT OF LAND RESOURCE EVALUATION MODEL IN GUIYANG CITY

Liu Jianjun

(Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002)

## Abstract

By taking Guiyang City as a case study, the indices for the natural ecosystem, society economy system and cropland pollution system were chosen and the land resource evaluation model was established. The result shows that it is an effective way to evaluate land resources by establishing the model of evaluating land resources with the Analytic Hierarchy Process (AHP) method and Geographic Information System (GIS) technology.

**Key words:** Analytic Hierarchy Process; GIS; land resource evaluation model