

层次分析法在黄土高原土地利用抗侵蚀力 定量评价中的应用^{*}

宋根鑫^{1,2}, 翟石艳^{1,2}, 闫卫阳^{1,2}

(1. 河南大学 环境与规划学院, 河南 开封 475004; 2. 河南大学 中澳地理信息分析与应用研究所, 河南 开封 475004)

摘 要: 依托黄土高原水土保持研究, 将层次分析方法引入到土地利用抗侵蚀力定量评价中, 提出把土地利用类型划分为因素层和因子层, 并运用层次分析方法, 结合专家知识, 定量确定了不同土地利用类型的抗侵蚀力比重, 并且根据土地利用类型具有不完全的层次结构特征, 同时考虑到土地利用类型支配因素数目的影响, 进一步对所确定的抗侵蚀力比重进行修正, 并运用修正结果对各地类的抗侵蚀能力得分进行计算, 得到研究区域 10 m × 10 m 评价单元的抗侵蚀能力评价结果。最后将本地区不同时期的数据进行对比分析, 验证了本方法的科学性和先进性。

关键词: 层次分析法; 黄土高原; 抗侵蚀力; 定量评价

中图分类号: S157.1; F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)05-0216-04

Applications of AHP in the Quantitative Assessment of Loess Plateau Landuse Anti-erosion Ability

SONG Gen-xin^{1,2}, ZHAI Shi-yan^{1,2}, YAN wei-yang^{1,2}

(1. College of Environment and Planning, He 'nan University, Kaifeng, He 'nan 475004; 2. China-Australia Cooperative Research Center for Geographic Information Analysis and Applications, He 'nan University, Kaifeng, He 'nan 475004, China)

Abstract: Employing the Loess Plateau Soil and Water Conservation Research, this paper applies AHP to land use anti-erosion ability of quantitative evaluation. Dividing the land use types into layers of factors and factor layer, combining with expert knowledge, this article quantitative identifies the proportion erosivity of different types of anti-land use. According to land use types with the incomplete structural characteristics and influenced by the number of dominant factor, it amends the proportion of anti-erosion. It calculates the score of anti-erosion ability by the amendments and gets the evaluation results of study area evaluation unit anti-erosion ability. Finally, analyzing the data of different periods in the study area, the author finds that above method is scientific and advanced.

Key words: AHP; Loess Plateau; Anti-erosivity; quantitative evaluation

土壤侵蚀是自然因素和人类活动共同作用的结果^[1]。自然因素是产生侵蚀的基础, 但人类活动也可以对土壤侵蚀施加影响。人类活动是影响区域水土流失的重要因素。人类活动的结果可以通过土地利用结构的变化得以体现^[2]。土地利用是一种综合作用, 它通过改变植被类型和盖度、土壤性质、地形、坡度、坡长等因素来加速或降低水土流失。不同的土地利用方式由于改变了不同的地表情况, 不同的耕作方式和地表覆盖度的不同可以明显地影响土壤侵蚀。

研究表明, 在其它条件相似时, 不同的土地利用类型对产流产沙过程的影响存在显著的差异^[3-4]。现有各种水土流失评估模型还难以准确地计入人类活动影响, 也不能反映土地利用结构变化影响。那么是否可以运用一定的方法来定量评价不同的土地利用类型的不同抗侵蚀能力呢? 能否运用不同土地利用类型的抗侵蚀能力来表达土壤的整体抗侵蚀力呢? 本文将就此问题进行论述, 选择黄土高原典型区

^{*} 收稿日期: 2009-03-05

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2006BAJ05A14); “十一五”科技支撑计划项目(2006BAB06B01-07)

作者简介: 宋根鑫(1982-), 男, 河南平顶山市人, 硕士研究生, 研究方向为城市与区域可持续发展、空间数据分析。E-mail: shengliking@126.com

域——岔巴沟流域,运用了层次分析方法进行不同土地利用类型的抗侵蚀力评价,并且将评价结果与同一地区不同时相的抗侵蚀数据进行对比分析。

1 研究区概况

以陕北黄土高原大理河支流——岔巴沟流域为例进行研究。岔巴沟流域位于陕西省子洲县北部,东经 109°47′、北纬 37°31′,是无定河水系的二级支流、大理河的一条支沟,属于黄土丘陵沟壑区第一副区,流域面积 205 km²,沟口水文站为曹坪水文站,控制面积 187 km²,主沟道长 24.1 km,流域形状基本对称,干沟与支沟相汇夹角约 60°。

2 研究方法

2.1 评价指标体系的建立

影响土壤抗侵蚀能力的因素、因子几乎多不胜数,不可能也没有必要对这些因子都做出评价,只有那些具有当地特色,与土壤抗侵蚀力密切相关的因素才可以作为评价因子,参评因子的选择还主要依据经验判断。评价因子的选择主要遵循以下原则^[5]: 主导因素原则:虽然影响土壤侵蚀的因素很多,但它们对土壤侵蚀的影响是不等同的,必须在综合分析的基础上,找出这些与土壤侵蚀关系最为密切和比较密切的因子作为主导因素,以利于对土壤侵蚀状况作出正确的评价。 定量化原则:所选指标要求能够用于定量分析,便于统计和建立指标分析标度。 差异性原则:在众多土壤侵蚀评价因子中,有些因子对土壤侵蚀的影响是非常重要的,但它们在整個试区范围内分布相对比较均一,对土壤侵蚀的影响几乎没有什么差别。在本次评价中,对这些在整个小流域没有差别的因子指标不予选用。

可操作性原则:指标数值要简单明了,含意明确,并不失科学性。

根据以上因子选择原则,本文选定的土地利用类型参与抗侵蚀力评价的评价因子分为因素层和因子层两个层次,共有 11 指标。如图 1 所示:

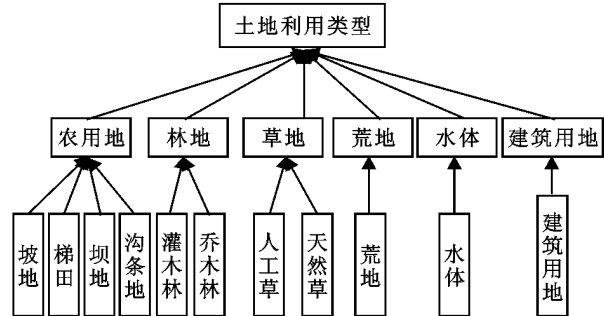


图 1 土壤抗侵蚀能力土地利用类型参评因子

2.2 评价因子权重的确定

因子权重的确定方法很多,目前比较常用的有层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, 简称 AHP)、特尔非法、主成分分析法、模糊综合评价法和灰色关联度法等^[5]。不同土地利用类型的抗蚀力是相互联系相互制约的。层次分析法是一种较为理想的赋值途径。它按照人类决策过程的“分解 - 判断 - 综合”的思想特点,把多层次、多准则的复杂问题分解为各个组成因素,将这些因素按支配关系分组,形成有序的递阶层次结构,通过两两比较的方式来确定层次中各因素的相对重要性,再加以综合,以确定相对重要性顺序(权重)。由于该方法巧妙地把定量分析和定性分析结合起来,因而在信息系统的分析中被广泛采用。同时结合土地利用类型中因子的非数字指标特征,本文运用层次分析法来量化研究不同土地利用类型的抗侵蚀力比重。

本研究中得到了黄河水利委员会水土保持研究所长期从事黄河水利、水保研究的多位专家的大力支持。由他们填写了“土地利用类型抗侵蚀力对比表”。在“土地利用类型抗侵蚀力对比表中”要求各位专家运用专业知识,结合长期积累的工作经验,对每一层次中各元素的相互重要性进行对比,做出判断,并用数值来表示各元素的相对重要程度,构造判断矩阵。判断矩阵的值采用 1~9 及其倒数的标度方法,数值 1,3,5,7,9 分别表示两元素比较时前者较后者同等重要、稍重要、明显重要、强烈重要和极端重要,2,4,6,8 则表示介于它们之间的情况。这些专家的专业知识成为我们进行层次分析,确定不同土地利用类型抗侵蚀能力权重确定的基本依据。

通过专家咨询结果,运用层次分析方法计算,得到不同土地利用类型对土壤抗侵蚀力的贡献权重,结果如表 1 所示。

表 1 不同土地利用类型抗侵蚀力权重值、修正值及得分值

备选方案	权重	修正后权重	得分
荒地	0.0895	0.0542	22
水体	0.2705	0.1639	100
建筑用地	0.1604	0.0972	53
坡地	0.0092	0.0224	0
梯田	0.0238	0.0577	25
沟条地	0.0166	0.0403	13
坝地	0.0358	0.0868	46
乔木	0.0945	0.1145	65
灌木	0.0884	0.1071	60
人工草	0.1021	0.1237	72
天然草	0.1091	0.1322	78

2.3 权重值的修正

在土地利用结构的层次体系中,土地利用类型相互独立,不同类型之间是平行关系,属于不完全的层次结构。在这样的一种层次结构中,因素层的综合权重计算,会受到因子层因子数目的影响。对这种情况,一般有 3 种处理方法^[6]: (1) 不考虑支配因素数目的影响,采用完全层次结构的计算方法; (2) 支配因素越多相对权重越大,用支配因素的数目对权重向量进行修正; (3) 支配因素越多相对权重越小,用支配因素数目的倒数对权重向量进行修正。本次研究中充分考虑土地利用类型支配因子数目的影响,在因素中各因素重要性权重确定之后,需要利用其包含的下级因子数目对权重向量进行修正。具体修正过程如下:

(1) 首先在要素层进行权重修正。按照如下公式进行:

$$W_I = \frac{N_i \cdot W_i}{N_i \cdot W_i} \quad (1)$$

式中: W_I ——第 i 种地类修正后的权重; N_i —— i 种地类下层包含的因子数目; W_i ——第 i 种地类修正前权重。

通过上式修正后,可以得到要素层(第一层)地类因子的权重值,如表 2 所示。

表 2 修正后要素层权重

地类	权重
荒地	0.0542
水体	0.1639
建筑用地	0.0972
农用地	0.2070
林地	0.2216
草地	0.2560

(2) 根据上一步骤的结果,将得到的要素层地类权重值,按照下一层因子个数及比重,进行计算,最终得到因子层各个因子的修正权重,如表 1 所示。

2.4 抗侵蚀能力得分的计算

在土地利用类型作为参评因素,来综合评定土壤抗侵蚀能力的研究中,需要用到的是不同地类的抗侵蚀能力得分。所以在计算得到各地类的抗侵蚀能力权重的基础上,需要计算得到地类的抗侵蚀能力得分。

计算地类抗侵蚀能力得分其本质是根据不同地类的抗侵蚀权重的不同,来定量化表示出地类的抗侵蚀能力。本研究中将不同的地类归一化为 0 ~ 100 的数值。即将抗侵蚀权重最小的地类抗侵蚀能力得分确定为 0,将抗侵蚀权重最大的地类抗侵蚀

能力得分确定为 100,而将抗侵蚀能力权重介于最大和最小的地类抗侵蚀能力得分,运用线性函数归一化方法进行处理。将其归一化为 0 ~ 100 之间的数值。具体计算过程如下:

根据表 1 中各个地类的抗侵蚀权重值大小,代入公式(2)^[7]

$$y = \frac{(x - \min x)}{(\max x - \min x)} \times 100 \quad (2)$$

式中: y ——各因子抗侵蚀能力得分; x ——因子权重; $\min x$ ——最小的因子权重; $\max x$ ——最大的因子权重。

计算可以得到各个地类的抗侵蚀能力得分。得到的各个土地利用类型抗侵蚀能力得分如表 1 所示。各个因子的抗侵蚀能力得分与抗侵蚀比重相对应。并且各个因子的抗侵蚀能力得分都介于 0 ~ 100。

2.5 评价单元的确定

随着计算机与 GIS 技术的不断发展,对研究区域逐点进行综合评价逐渐发展起来,本研究将研究区域分成一定数量的网格,每个网格作为一个基本的评价单元,逐网格进行综合评价。本研究选用的网格为 10 m × 10 m 单元网格。是在生成的土地利用图上,赋以地类的抗侵蚀能力得分,在将土地利用图转换为栅格图像的过程中,将每一个地类的抗侵蚀能力得分赋予栅格图像的像元值。生成土地利用类型抗侵蚀能力得分图,如图 2。

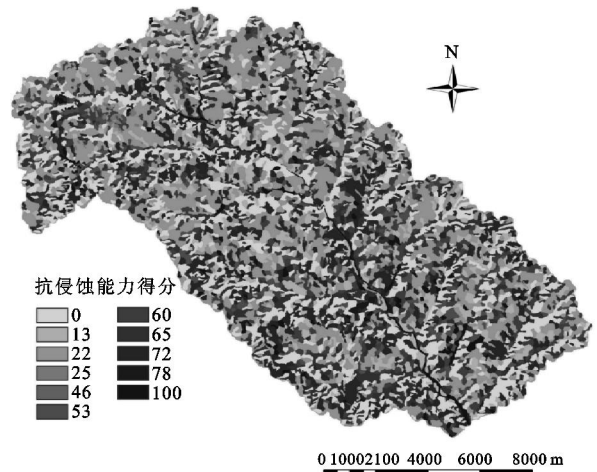


图 2 岔巴沟流域土地利用类型抗侵蚀能力得分图

3 结果分析

以本方法所得结果与岔巴沟流域不同时期数据所得抗侵蚀能力进行对比分析。根据 LANDSET 卫星 1990 年 8 月 12 日 TM 遥感影像数据,运用层次分析方法所得的地类权重值,可以得到岔巴沟流

域土壤抗侵蚀能力等级图,如图 3 所示。

由图 3 得到的不同土地利用类型抗侵蚀等级的面积统计图,如图 4 所示。

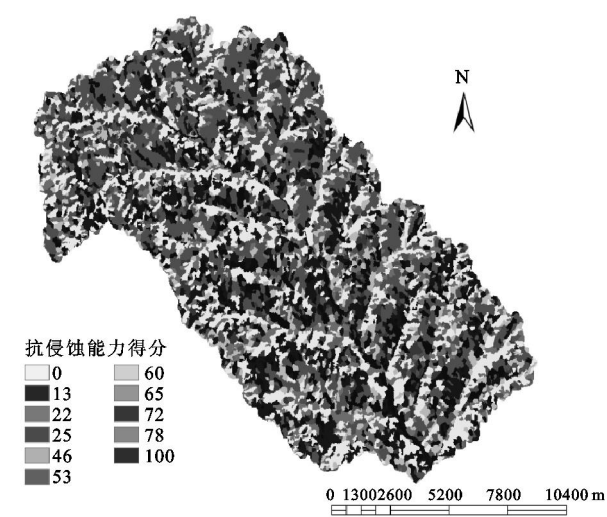


图 3 岔巴沟流域土壤侵蚀等级图

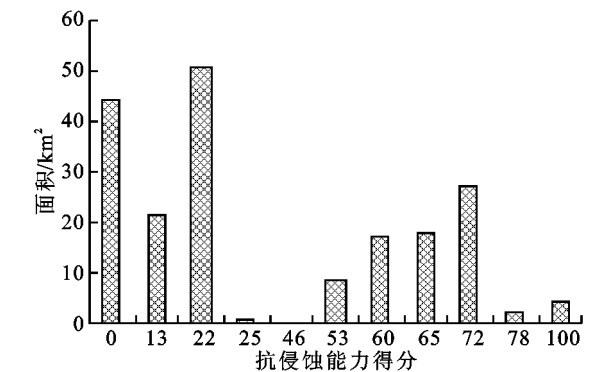


图 4 土壤侵蚀等级面积统计图

对比 1990 年和 2004 年本流域抗侵蚀能力统计数据,得到表 3 所示。

表 3 不同时期岔巴沟流域抗侵蚀力得分对比

抗侵蚀力 得分	2004 年		1990 年	
	面积/ km ²	百分比/ %	面积/ km ²	百分比/ %
0	48.45	22.89	47.64	22.50
13	23.28	10.99	23.39	11.05
22	54.57	25.78	57.55	27.18
25	1.02	0.48	1.16	0.54
46	0.04	0.02	0.07	0.03
53	9.81	4.63	10.13	4.78
60	18.43	8.70	17.86	8.44
65	19.31	9.12	20.09	9.49
72	29.52	13.94	28.00	13.22
78	2.28	1.07	0.73	0.34
100	4.92	2.32	5.01	2.36

通过对图 2 和图 3 分析,可以看出,不同时期的本流域抗侵蚀能力得分之间大致呈正相关关系,各个侵蚀等级相互对照,初步验证了抗侵蚀能力得分的科学性,并且每一抗侵蚀能力得分等级存在着对应关系,说明本流域 2004 年土壤抗侵蚀能力与 1990 年相比,差别不大。这同样说明了所确定的抗侵蚀力得分的科学性。

4 讨论

该文对土地利用类型对土壤抗侵蚀影响进行了深入而详尽的研究,建立了岔巴沟流域的土地利用类型对土壤抗侵蚀力评价的指标体系,不但可用于土地利用类型因素对土壤抗侵蚀力影响的评价研究,也可以应用于多因素对土壤抗侵蚀力影响的综合分析。对于不易于量化分析的土地利用类型对土壤抗蚀力的研究中,在运用专家知识的基础上,通过层次分析方法得到不同土地利用类型的抗侵蚀力比重,从而确定不同土地利用类型的抗侵蚀能力得分,进而来评价土壤抗侵蚀力的方法是科学有效的,为以后进行相关研究,提供了新的研究方法和途径。本研究的创新之处首先在于将层次分析方法引入到土壤抗侵蚀力因子的量化研究和权重修订上来,从而为量化的评价土壤抗侵蚀能力提供一个新的途径。本研究的创新之处还在于,运用高分辨率遥感图像来分析土壤抗侵蚀力指标的量化,高质量的遥感图像的运用,为层次分析方法的应用,提供了高效的数据获取渠道,为快速进行土壤抗侵蚀能力评价提供了高速有效的途径。

参考文献:

[1] 周自翔,任志远. GIS 支持下的土地利用与土壤侵蚀强度相关性研究[J]. 生态学杂志, 2006, 25(6): 629-634.

[2] 倪晋仁,李英奎. 基于土地利用结构变化的水土流失动态评估[J]. 地理学报, 2001, 56(5): 611-621.

[3] 王占礼,邵明安,刘文兆,等. 纸坊沟流域土壤侵蚀与产沙初步研究[J]. 天津师大学报:自然科学版, 1999, 19(1): 45-50.

[4] 李壁成. 小流域水土流失与综合治理遥感监测[M]. 北京:科学出版社, 1995.

[5] 马国斌. 基于 GIS 的黄土高原小流域土壤侵蚀定量评价研究[D]. 南京:南京师范大学, 2003.

[6] 姜启源. 数学模型 [M]. 2 版. 北京:高等教育出版社, 1993.

[7] 徐建华. 现代地理学中的数学方法 [M]. 2 版. 北京:高等教育出版社, 2002.