

嘉陵江流域水土流失影响因子 AHP 法分析

罗 明 云

(西华师范大学国土资源学院,南充 637002)

摘 要: 适值嘉陵江开发时期,如何有效地配置有限资金、科学决策是开发成功的关键。在综合对比的基础上,使用 AHP 法对嘉陵江水土流失的影响因子进行了对比分析,计算出各因子的权重值,确定其影响的重要程度,为决策者的科学决策提供依据。

关键词: 嘉陵江;水土流失;AHP 法;分析

中图分类号: S157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2006)04-0250-03

The Study of Soil Erosion of Jialing River By AHP Way

LUO Ming-yun

(College of Land Resources, China West Normal University, Nanchong 637002, China)

Abstract Jialing River is in the stage of development, how to dispose the limited fund effectively and to make policy scientifically is the key to succeeding in developing. The factor of impact on soil loss of Jialing River using AHP is compared and analysed on the basis of comparing synthetically. The weight value is caculated and its importance degree of every factor is confirmed. It offered the basis for the policymaker.

Key words Jialing River; soil erosion; AHP way; analysis

AHP 法分析 (Analytical Hierarchy Process)^[1], 是美国匹兹堡大学运筹学家 T. L. Saaty 于 70 年代中期提出的一种多层次权重分析决策方法。其特点是具有高度的逻辑性、系统性、简洁性和实用性, 现已广泛用于社会各领域的决策分析。其基本原理, 是把所研究的复杂问题看作一个大系统, 通过对系统的多个因素的分析, 划分出各因素间相互联系的有序层次; 再请专家对每一层次的各因素进行客观的判断后, 相应地给出相对重要性的定量表示; 进而建立数学模型, 计算出每一层次全部因素的相对重要性的权值, 并加以排序; 最后根据排序结果进行规划决策和选择解决问题的措施^[2]。

1 嘉陵江流域概况

嘉陵江发源于陕西秦岭南麓, 是长江第 2 大支流, 全长 1 120 km, 仅次于汉水; 嘉陵江流域地势西、北、东三面高而南东低, 干流横跨秦巴山地, 南延至四川盆地腹部; 流域面积 16 万 km², 占长江流域面积的 6.28%; 其多年平均流量 2 165 m³, 仅次于岷江; 水系呈扇形分布, 流域内水系发育, 支流众多, 河道蜿蜒曲折, 多峡谷、险滩^[3]。嘉陵江是长江的重要支流, 由于特殊的地理环境, 水土流失日益严重, 目前已查明嘉陵江泥沙含量居长江各支流之首, 严重地影响了流域的生态环境。

2 水土流失因子 AHP 法分析

嘉陵江流域生态环境的水土流失因素很多, 各因素所起作用的大小不同, 关联程度也各异, 常规的做法是根据经验

和已有的资料进行判断, 但因素较多时, 这种判断很难做到准确。AHP 首先不把所有因素放在一起进行比较, 而是通过对所有可能的组合进行两两成对比较来确定这些因素在某个方面的优劣顺序, 从而提高判断的准确性。

2.1 影响因子的层次构建

在深入调查流域的自然条件和人为影响的基础上, 结合已有的资料, 经综合分析, 找出影响嘉陵江流域的水土流失的各种因素, 并构建层次分析图, 见下图 1。

2.2 构建判断矩阵

构建判断矩阵是层次分析法的关键一步。假定图 1 中元素与下层中元素有联系, 则将下层中元素两两比较, 可构成如下判断矩阵, 见下图 2。

2.3 约请专家填写判断矩阵

请多个从事嘉陵江各方面研究的有关专家填写判断矩阵, 各位专家单独填写, 不相互讨论。专家只填写矩阵对角线的上半部或下半部即可, 因判断矩阵满足 $P_{ij} = 1, P_{ji} = 1/P_{ij}$, 是正的反商矩阵。填写矩阵时进行两两比较, 客观反应两因素相互之间的重要程度, 其结果见下图 3。

2.4 层次排序

层次排序实际上是求单目标判断矩阵的权数, 即根据专家填写的判断矩阵计算对于某一层某一元素而言, 本层次与其有关的元素的重要性次序的权数。判断矩阵的权数, 可通过解特征值问题 $FW = \max$ 求出正规化特征向量而得到。 \max 为 P 的准一最大特征值, 为对应于 \max 的正规化特征向量, 的分量 i 即是相应元素单排序的权数。特征

* 收稿日期: 2005-10-08

基金项目: 华中农业大学农业部农业微生物重点实验室开放课题资助项目 (AML0017)

作者简介: 罗明云 (1969 -), 男, 四川省南充人, 硕士, 讲师, 主要从事地理教学与环境研究。

值与特征向量的计算方法按近似算法中的算术平均法计算,它包括以下步骤:

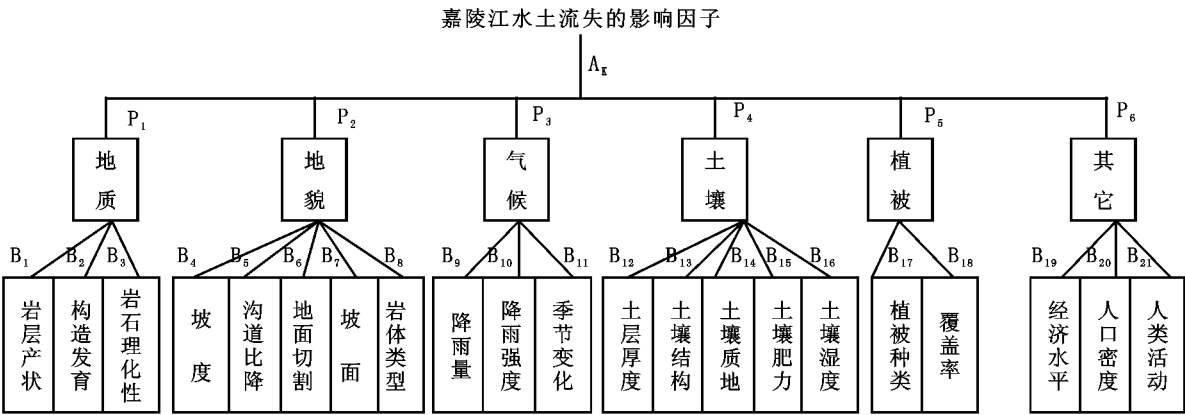


图 1 因子分析图

A_k	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6
P_1	P_{11}	P_{12}	P_{13}	P_{14}	P_{15}	P_{16}
P_2	P_{21}	P_{22}	P_{23}	P_{24}	P_{25}	P_{26}
P_3	P_{31}	P_{32}	P_{33}	P_{34}	P_{35}	P_{36}
P_4	P_{41}	P_{42}	P_{43}	P_{44}	P_{45}	P_{46}
P_5	P_{51}	P_{52}	P_{53}	P_{54}	P_{55}	P_{56}
P_6	P_{61}	P_{62}	P_{63}	P_{64}	P_{65}	P_{66}

图 2 因子矩阵图

A_k	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6
P_1	1	1/3	3/5	2	4/5	3
P_2	3	1	3/2	5/2	5/3	5
P_3	5/3	2/3	1	5/2	3/2	3
P_4	1/2	2/5	2/5	1/	1/3	3/2
P_5	5/4	3/5	2/3	3	1	5/2
P_6	1/3	1/5	1/3	2/3	2/5	1

图 3 因素关系矩阵图

(1) 将矩阵的每一列正规化

令

$$P = P_{ij} / \sum_{i=1}^n P_{ij} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n)$$

(2) 按行加总

$$r_i = \sum_{j=1}^n P_{ij} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n)$$

(3) 加总后的 r_i 再正规化, 得特征向量 w_i ,

即

$$w_i = r_i / \sum_{i=1}^n r_i \quad (i, j = 1, 2, \dots, n)$$

(4) 计算 P 的 λ_{\max}

$$\lambda_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ij} \cdot w_j}{n \cdot w_i}$$

(5) 一致性检验

从理论上说,判断矩阵满足完全一致性条件 $P_{ik} = P_{ij} \cdot P_{jk}$, 此时, $\lambda_{\max} = n$ 。实际上,由于人们认识上的多样性,一般专家填写的判断矩阵不可能满足完全一致性条件,此时 $\lambda_{\max} > n$ 。为了检验一致性如何,需要计算判断矩阵的一致性指标 CI 。定义 $CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$, 显然当判断矩阵满足完全一致性时, $CI = 0$ 。 λ_{\max} 愈大, $\lambda_{\max} - n$ 则愈大,从而 CI 就愈大,矩阵的一致性愈差。将 CI 与平均随机一致性指标 RI 进行比较,其比值称为判断矩阵的一致性比例,记作: $CR =$

CI / RI 。当 $CR < 0.10$ 时,则认为判断矩阵具有满意的一致性,否则需要把判断矩阵表反馈到专家手里重新调整。1 ~ 10 阶矩阵的 RI 值见下表 1。

表 1 1 ~ 10 阶矩阵 RI 值

矩阵阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

2.5 因素权重值计算

根据前述原理及矩阵,获得如下结果:

$\lambda_{\max} = 6.021$

$CI = 0.042 < 0.10$

$CR = 0.034 < 0.10$

$W = (0.146, 0.310, 0.208, 0.101, 0.173, 0.062)$

由此可见,此判断矩阵结果比较好,与此对应的归一化特征向量 W 即为 $P_1 - P_6$ 的权重

根据上述方法,利用表 2 的公式可以计算出下层各因素的权重值,结果见表 3。

表 2 总排序计算方法

层次 A	A_k				B 层对 A 层的总排序
层次 B	P_1	P_2	...	P_n	
B_1	b_{11}	b_{12}	...	b_{1n}	$\sum_{i=1}^n P_j b_{1j}$
B_2	B_{21}	B_{22}	...	B_{2n}	$\sum_{i=1}^n P_j b_{2j}$
B_m	B_{m1}	B_{m2}	...	B_{mn}	$\sum_{i=1}^n P_j b_{mj}$

表 3 各因子权重

因子 权重	P ₁ (0.146)			P ₂ (0.31)					P ₃ (0.208)		
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀	B ₁₁
	0.030	0.06	0.059	0.06	0.079	0.109	0.031	0.031	0.052	0.073	0.083
因子 权重	P ₄ (0.101)					P ₅ (0.173)		P ₆ (0.062)			
	B ₁₂	B ₁₃	B ₁₄	B ₁₅	B ₁₆	B ₁₇	B ₁₈	B ₁₉	B ₂₀	B ₂₁	
	0.035	0.031	0.005	0.015	0.015	0.069	0.104	0.012	0.019	0.031	

3 分 析

从计算的结果来看,影响嘉陵江流域水土流失的主要因素是地貌、气候与植被,其次是地质与土壤,当然人类的作用也不能忽视。

3.1 地貌对水土流失的影响

嘉陵江流域中上游地处秦岭山区,这一带断裂发育,如临潭-山阳深断裂、玛沁-略阳深断裂等,这种地质构造影响斜坡物质的稳定性。同时,流域内的紫色岩、千枚岩、砂板岩等抗风化能力差,成土速度快,风化产物松散,易随水流失,加之 70 % 以上的丘陵地貌,使地形起伏明显,岭谷高差悬殊。从嘉陵江上游部分,辗转于海拔 1 000 ~ 3 000 m 的秦岭、摩天岭、米仓山等崇山峻岭之中,山川起伏可达 400 ~ 1 000 m,平均比降 3.8 %,不少地段河谷为 V 形,谷坡陡达 40 ° 以上。由于河谷深切形成峡谷,底坡又大,水流湍急,暴雨一到,水土极易流失,其相关性见下表 4。从嘉陵江流域各水文站收集到的输沙模数(见下图 4)可以看到地貌引起的水力侵蚀相当严重。

表 4 地貌与水土流失关系

侵蚀分区	轻度水 力侵蚀	中度水 力侵蚀	强度水 力侵蚀	极强度水 力侵蚀	极强度水 力侵蚀	小计
龙门山中山侵蚀区	6.63	13.05	21.15	1.48	0.36	42.67
盆北低山侵蚀区	9.92	37.96	3.27	0.39	0.03	51.57
盆北-盆中丘陵侵蚀区	15.93	28.99	3.14	0.13	0.01	48.20
合川-重庆低山丘陵侵蚀区	10.39	28.51	4.74	1.88	0.20	45.71

3.2 气候对水土流失的影响

气候条件也是影响水土流失的主要原因之一。嘉陵江中下游地区气候温暖潮湿,利于基岩风化,甚至发生滑坡侵蚀。特别是区域内雨水丰富,主要集中在夏季,其降雨量占全年雨量 70 % ~ 90 %,雨水集中,强度大,冲刷作用明显^[5]。

3.3 植被对水土流失的影响

植被因素可以说与人类活动密切相关。嘉陵江流域人口密集,最大密度可达 800 人/ km² 左右,大部分地区都在 300 ~ 500 人/ km² 之间。密集的人口,必然带来对土地资源需求量

参考文献:

[1] 王莲芬,许树柏.层次分析法引论[M].北京:中国人民大学出版社,1990.45-72.
[2] 倪绍祥.土地类型与土地评价概论[M].高等教育出版社(第2版),1999.282-283.
[3] 吴晓燕.嘉陵江流域生态经济建设的对策探讨[J].科学·经济·社会,2005,23(1):29-35.
[4] 隋鹏飞,胡碧玉.论嘉陵江流域旅游开发[J].重庆邮电学院学报(社会科学版),2004,64(6):12-13.
[5] 王德伟,姚锦其.嘉陵江中下游水土流失规律及影响因素研究[J].矿产与地质,2005,109(3):276-280.
[6] 段浩,杨军,苏智先.南充市水土流失成因分析及防治对策[J].灾害学,2004,19(3):34-38.
[7] 张明波,黄燕,郭海晋,等.嘉陵江西汉水流域水保措施减水减沙作用分析[J].泥沙研究,2003,(1):71-74.

(上接第 249 页)

(3) 调查结果表明,在不同排矸年限地段,植物群落多样性指数随着排矸时间梯度的增加而增加,物种综合多样性指数、丰富度指数与排矸年限呈显著的正相关关系,Alatalo

参考文献:

[1] 赵明鹏,张震斌.阜新矿区矸石山灾害与防治[J].辽宁工程技术大学学报,2003,22(5):711-713.
[2] 刘青柏,刘明国,刘兴双,等.阜新地区矸石山植被恢复的调查与分析[J].沈阳农业大学学报,2003,34(6):434-437.
[3] 内蒙古大学生物系.植物生态学实验[M].北京:高等教育出版社,1986.69-70.
[4] 姜恕等.草地生态研究方法[M].北京:农业出版社,1988.15-21.
[5] 马克平.生物群落多样性的测度方法.多样性的测度方法(上)[J].生物多样性,1994,2(3):162-168.
[6] 马克平,刘玉明.生物群落多样性的测度方法.多样性的测度方法(下)[J].生物多样性,1994,2(4):231-239.
[7] 张金屯,柴宝峰,邱扬,等.晋西吕梁山严村流域撂荒地植物群落演替中的物种多样性变化[J].生物多样性,2000,8(4):378-384.
[8] 张金屯.数量生态学[M].北京:科学出版社,2004.86-94.

的极大压力,为了生存,人们不得不毁林开荒,种植的坡度已达 25 ° 以上,致使该流域植被的覆盖率很低,只在 10 % 左右,再加之植被种类单一,大大减低了植被的蓄水保土能力。

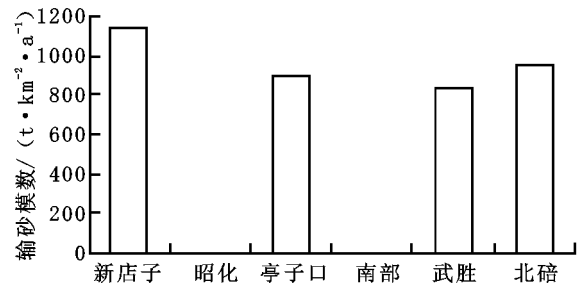


图 4 嘉陵江流域各水文站年平均输沙模数变化

3.4 土壤性质对水土流失的影响

在大面积紫色土上发育的土壤,成土速度快、时间短、土层薄,土体的结构差,土粒分散;加之由泥页岩风化物构成母质的土壤,其质地黏重,透水缓慢天晴易板结,下雨成泥,很容易造成水力侵蚀。

4 结 语

嘉陵江流域水土流失的 21 个影响因子中,坡面比降、地表切割、降雨季节变化、土壤结构和森林覆盖以及人类破坏所起的作用最大,这与前人的研究结果相一致^[5~7],但 AHP 分析,是在因素与因素的相互关系中得到的结果,克服了单独研究某几个因素的影响,因而具有宏观性与全局性,这对目前嘉陵江综合开发具有指导意义。因此在进行流域开发中,我们一定要加强对这些因子与因子间的研究与控制。目前所进行的嘉陵江流域水电的梯级开发是降低坡面比降、地表切割较好的措施,同时还可以调节水量分配;要防止人类的破坏,必须发展流域经济,尤其是要解决好“三农”问题;加大流域中上游的植被覆盖率种植工作,鼓励生态农业的开发、建设。