

陕西黄土高原小流域治理效益评价与模式选择

王军强, 陈存根, 李同升

(西北大学 城市与资源学系, 陕西 西安 710069)

摘要: 在对陕西黄土高原 11 条典型小流域进行详细调查研究的基础上, 按照小流域治理的基本特点划分了 5 种治理模式; 在前人研究基础上, 利用特尔菲法并建立了一套比较完整适用的小流域评价指标体系; 应用层次分析法和多层次模糊综合评价法对 5 种治理模式的治理效益进行了综合评价。建议陕西黄土高原地区采取混农林业模式、经济林(作物)模式和生态农业模式进行水土流失治理, 降低治理成本, 提高治理效益。

关键词: 小流域治理; 多层次模糊综合评价法; 模式选择; 陕西黄土高原

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2003)06-0061-04

中图分类号: S157.2

Benefit Evaluation of Watershed Management on Loess Plateau of Shaanxi Province

WANG Jun-qiang, CHEN Cun-gen, LI Tong-sheng

(Department of Urban and Resource, Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi Province, China)

Abstract By means of an investigation on 11 typical watersheds, the benefits of watershed management on loess plateau of Shaanxi province are analyzed. On this basis, the 11 typical watersheds are classified into 5 models to control soil and water loss, and a relatively integral suitable index system for evaluating the benefit of watershed management was developed. By using of AHP and multilevel fuzzy comprehensive evaluation, the benefit of 5 models and 11 typical watersheds are systematically appraised.

Keywords watershed management benefit evaluation; loess plateau

陕西黄土高原主要包括榆林、延安和渭北旱塬一些县市, 占陕西全省土地总面积的 45%, 是水土流失严重、生态环境脆弱的贫困地区。这里沟壑纵横, 地表破碎, 大部分地区植被覆盖率极低, 自然灾害频繁。长期以来, 严重的水土流失、落后的经济状况, 使世代生活在这里的几百万群众生活相当困难。小流域治理是解决该地区生态和贫困问题的基本途径之一。

1 调查研究区选择

根据资源环境、生态条件、社会经济条件、水土保持状况的差异性, 以及综合治理开发模式的类型与生态环境的发展方向, 选择黄河峡谷丘陵区、陕北丘陵沟壑区、黄河峡谷高原沟壑区和渭北旱塬黄土高原沟壑区的 11 个典型小流域(以下简称试区), 应用生态经济学的原理和方法, 进行调查研究。11 个试区的基本情况见表 1

2 调查方法

本研究采用基础资料收集和实地调查相结合的方法。基础资料包括各试区历年治理情况统计表, 各有关乡镇、区县、地市的统计年报资料(以 2000 年为主), 并与试区所在的市、县(区)人民政府所属的统计局、农业局、林业局、水土保持局或山川秀美办公室、乡、镇政府, 以及世界银行贷款延河项目办公室等有关部门的负责人员座谈, 详细了解当地的实际情况, 查阅水土保持治理、农村经济发展、山川秀美工程建设方面的资料。

实地调查是在各试区有关人员(试验示范区负责人、村支书、村长、会计、农户等)的介绍和帮助下进行小流域基础资料调查、水土保持措施调查(按生物措施、工程措施和农业措施 3 部分进行调查)和小流域治理效益评价调查。

收稿日期: 2003-04-11 修回日期: 2003-07-08

资助项目: 国家自然科学基金重点项目(40131010)阶段性成果之一; 陕西省教育厅资助科研项目(H102242)

作者简介: 王军强(1974-), 男(汉族), 陕西西安人, 生态学硕士。主要从事生态环境方面的科研与教学。电话(029)8302460, E-mail: Masterwj@hotmai.com

表 1 陕西黄土高原各试区基本情况

调查区类型	试区	地点	面积 / km ²	人口	基本农田 / hm ²	林草面积 / km ²	果园面积 / hm ²
黄河峡谷	泉家沟	米脂县桥河岔乡	5.19	766	180	2.49	25
丘陵区	纸坊沟	安塞县沿河湾镇	8.27	547	99	5.87	—
	湫滩沟	吴旗县薛岔乡	7.52	256	33	4.89	4
陕北丘陵沟壑区	韩家沟	志丹县周河乡	8.20	503	84	4.10	130
	罗沟	宝塔区姚店乡	4.78	432	86	2.87	104
	柳花峪	宝塔区河庄坪乡	3.63 ^①	172	26	1.63	40
	任台	宝塔区柳林镇	5.00 ^①	157	26	2.50	20
黄河峡谷	沆水	韩城市芝阳镇、嵬东	39.15	11817	1475	19.58	—
高原沟壑区	泥河沟	淳化县大店、石桥、秦庄乡	9.48	2992	1297	5.88	—
渭北旱塬黄土	东陈超	富县钳二乡	1.10 ^①	602	100	0.72	78
高原沟壑区	白家河	洛川县武石乡	2.20 ^①	60	23	1.65	—

注:① 为该村土地总面积

治理效益评价调查采用系统抽样与随机抽样相结合,一般调查和重点调查相结合的方法,根据人口、农田、收入等指标,并结合当地人员提供的信息,确定一定数量的典型农户进行调查。这些农户一般为该村农户数量的 20%,然后划分为 3 个层次(富裕、中等、贫困),在每个层次上随机抽取几户进行重点调查。以这几户的调查平均值并结合村、镇的统计数字作为研究使用数据。农户调查采用半结构化调查方式(semi-structured interviews),有调查提纲,但不只单单填写调查表,而是与农户座谈,进行开放式提问,引发家庭成员之间和邻居之间的讨论,以提高数据的准确性、可靠性和全面性。调查每个典型农户的资料包括:(1) 家庭人口、劳动力、耕地面积、基本农田面积、果

园面积。(2) 农作物产量、果品产量。(3) 牛、羊、驴、猪、鸡等的数量及饲料的来源。(4) 主要经济来源、人均纯收入、劳动生产率。(5) 产品价格、农作系统总投入(包括种子、耕种、肥料、农药、灌溉、地膜、管护、收割、费税等所有成本)、总收入(粮食、果品等农产品及劳务收入)。(6) 农产品商品产值。(7) 种植习惯与技术。(8) 对实施水土保持综合治理、退耕还林(草)的看法。(9) 问题与打算等。

3 试区治理模式分类

根据各试区的调查资料和水土流失治理措施的特点把上述 11 个试区划分为 5 种治理模式。具体结果见表 2。

表 2 调查研究区治理模式分类

治理模式	代表试区	主要治理特点
混农林业模式	泥河沟试验示范区 沆水试区	采用工程措施和生物措施相结合,依靠当地资源优势开展地埂花椒、椒—粮间作、果—粮间作、粮—桐间作等混农林业模式进行治理。
经济林(作物)模式	罗沟试区 东陈超试区 白家河试区	采用工程措施和生物措施相结合,因地制宜种植苹果、烟草等经济作物,在发展经济的同时促进水土保持治理。
生态农业模式	纸坊沟试验示范区、 泉家沟试验示范区、 韩家沟试区	以科技为先导,统一规划,合理利用土地,采用工程措施和生物措施相结合,山、水、林(草)、田、路全面综合治理,以生态效益保证经济、社会效益。
林草模式	湫滩沟试区	营造混交林,灌木林,人工种草,从根本上改善生态环境。
传统农业模式(对照区)	柳花峪试区 任台试区	采用传统的农业耕作方式,未开展全面统一的综合治理。

4 治理模式效益评价

治理模式效益评价可以用统一的量值评价各个试区水土保持工作取得的成果,也可在进行水土保持规划时,通过对各试区综合治理效益的分析,优化治理模式,为各级领导和生产部门提供科学决策依据。

4.1 效益评价指标体系

调查表明,11 个试区水土保持治理在经济效益、生态效益和社会效益以及综合效益上都存在差异,对其差异进行准确的度量和评价,首先必需建立一套科学、客观、准确的评价指标体系。本文根据 11 个试区的治理特点,在前人研究的基础上,应用特尔菲(Del-

phi)法建立了小流域治理综合效益评价指标体系, (详见图 1)^[2-3,6-7]。

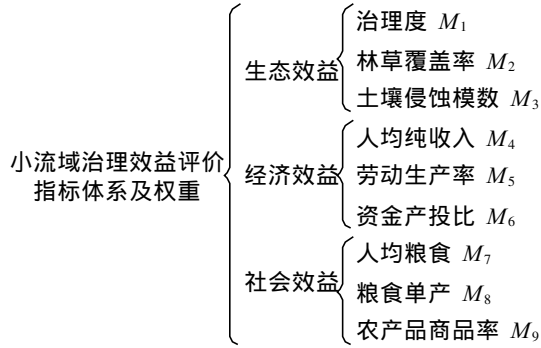


图 1 小流域治理效益评价指标体系及权重

4.2 评价指标权重确定

本文采用层次分析法 (AHP) 确定评价指标的权重。层次分析法遵循人们认识事物的规律, 将复杂问题分解成若干条理化的层次, 在比原问题简单的层次上逐步分析比较, 对多因素的问题进行定性和定量的评价。本评价指标体系权重的确定结果见表 3

表 3 评价指标的权重确定

评价指标	生态效益 (0.549)	经济效益 (0.330)	社会效益 (0.121)	权重	排序
治理度	0.497	0.000	0.000	0.273	1
林草覆盖率	0.245	0.000	0.000	0.134	4
侵蚀模数	0.258	0.000	0.000	0.142	3
人均纯收入	0.000	0.607	0.000	0.200	2
劳动生产率	0.000	0.155	0.000	0.051	7
资金产投比	0.000	0.238	0.000	0.079	5
人均粮食	0.000	0.000	0.134	0.016	9
粮食单产	0.000	0.000	0.298	0.036	8
农产品商品率	0.000	0.000	0.568	0.069	6

4.3 多层次模糊综合评价

根据黄河峡谷丘陵区、陕北丘陵沟壑区、黄河峡谷高原沟壑区等 11 个典型小流域综合治理的特点, 认为就治理效益分级言, 各等级之间很难有明显的界线; 就评价指标来说, 生态效益、经济效益、社会效益

的分级也是模糊概念, 因而采用多层次模糊综合评价方法是非常合适的。

多层次模糊综合评价, 是由下而上进行模糊合成运算。综合评价的一般模糊关系方程是:

$$B = A \cdot R$$

式中: B ——评价结果即判决子集; A ——模糊集中的权重分配; \cdot ——模糊算子; R ——各评价因素的单因素评价矩阵^[1,4-5]。

(1) 指标的标准化。由于各个指标的调查值量纲和数量级不同, 为使评价结果具可比性并减少随机因素干扰, 本文建立模糊数学隶属函数对指标进行标准化, 根据对评价指标性质的分析, 决定采用升半梯形函数 $U_1(x)$ 和降半梯形函数 $U_2(x)$, 其表达如下:

$$U_1(x) = \begin{cases} 0 & 0 \leq x \leq a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1} & a_1 < x < a_2 \\ 1 & x \geq a_2 \end{cases}$$

$$U_2(x) = \begin{cases} 1 & 0 \leq x \leq a_1 \\ \frac{a_2 - x}{a_2 - a_1} & a_1 < x < a_2 \\ 0 & x \geq a_2 \end{cases}$$

(2) 评价指标标准值的确定。评价指标标准值是指基准值和理想值。基准值是评价指标对于特定时间上一定范围总体水平的参照值, 理想值是指某一时段内预计要达到的数值或理论上的最优值。根据有关调查资料、专家咨询和某些专项研究资料, 确定指标标准值详见表 4

利用上述 2 类隶属函数, 依据评价指标标准值对调查指标进行标准化, 计算结果如表 5 (其中 M_3 指标采用降半梯形函数进行标准化, 其余指标采用升半梯形函数进行标准化)

(3) 效益评价值的计算。运用模糊评价方程 $B = A \cdot R$, 由表 3 和表 5 的数据可以计算效益评价值。为了使评价结果直观明了, 将效益评价值换算为百分制, 公式为: $b = \text{int}(100b + 0.50)$, 结果见表 6

表 4 评价指标标准值

评价指标	基准值	理想值	评价指标	基准值	理想值
治理度 M_1 %	25	90	资金产投比 M_6	2	4
林草覆盖率 M_2 %	20	60	人均粮食 M_7 /(kg/人)	100	400
土壤侵蚀模数 M_3 /(t° km ⁻² ° a ⁻¹)	10000	250	粮食单产 M_8 /(kg° hm ⁻²)	345	5250
人均收入 M_4 /(元/人)	100	2000	农产品商品率 M_9 %	10	50
劳动生产率 M_5 /(元° d ⁻¹)	5	20			

表 5 评价指标标准化值

治理模式	试区	M_1	M_2	M_3	M_4	M_5	M_6	M_7	M_8	M_9
混农林业模式	沅水	0.92	0.75	0.92	1.00	0.87	1.00	1.00	0.97	1.00
	泥河沟	0.89	1.00	0.97	1.00	0.73	0.55	1.00	0.69	1.00
	罗沟	1.00	1.00	0.92	0.95	0.40	0.75	0.60	0.42	1.00
经济林(作物)模式	东陈超	0.92	1.00	0.82	0.79	0.67	0.75	0.33	0.54	1.00
	白家河	0.85	1.00	1.00	0.63	0.33	0.80	1.00	0.85	1.00
	纸坊沟	0.72	1.00	0.81	1.00	0.67	1.00	1.00	0.43	1.00
生态农业模式	泉家沟	0.94	0.70	1.00	0.93	0.47	0.30	0.22	0.21	0.75
	韩家沟	1.00	0.75	0.88	0.47	0.33	0.25	0.67	0.31	0.50
林草模式	湫滩沟	1.00	1.00	0.86	0.68	0.47	0.50	1.00	0.69	0.75
传统农业模式	任台	0.85	1.00	0.97	0.47	0.47	0.60	1.00	0.36	0.75
	柳花峪	0.78	0.63	0.21	0.36	0.33	0.05	0.83	0.34	0.50

注:表中各符号含意同表 4

表 6 效益评价结果

治理模式	试区	生态效益	经济效益	社会效益	总评分	排名
混农林业模式	沅水	88	98	99	93	1
	泥河沟	94	85	91	91	2
经济林模式	罗沟	98	82	77	90	3
	东陈超	91	77	77	85	5
	白家河	93	62	96	83	6
生态农业模式	纸坊沟	81	95	83	86	4
	泉家沟	90	71	52	79	8
	韩家沟	91	40	47	69	10
林草模式	湫滩沟	96	60	77	82	7
传统农业模式	任台	92	50	67	75	9
	柳花峪	60	22	50	46	11

5 结 论

(1) 应用层次分析法和多层次模糊综合评价法进行黄土高原小流域治理效益评价,评价结果与实际调查情况相吻合,证明该方法是科学的,也是可行的。

(2) 评价结果表明,就生态效益而言,混农林业模式、经济林(作物)模式、生态农业模式和林草模式都比较好,传统农业模式较差;就经济效益而言,混农林业模式最好,经济林(作物)模式、生态农业模式次

之,林草模式较差,传统农业模式最差;就社会效益而言,混农林业模式最好,经济林(作物)模式次之,生态农业模式中除了纸坊沟较好之外,泉家沟和韩家沟最差,林草模式一般,传统农业较差;就综合效益而言,混农林业模式最好,经济林(作物)模式、生态农业模式、林草模式次之,传统农业模式最差。

(3) 建议陕西黄土高原地区因地制宜采用混农林业模式、经济林(作物)模式、生态农业模式进行治理,从而减少治理成本,提高治理水平和效益。

[参 考 文 献]

- [1] 李中魁.黄土高原小流域治理效益评价与系统评估研究[J].生态学报,1998,18(3): 241- 247.
- [2] 李智广,李锐.小流域治理综合效益评价方法评议[J].水土保持通报,1998,18(5): 19- 23.
- [3] 汪培庄.模糊集合论及其应用[M].上海科技出版社,1983. 247- 253.
- [4] 王晓慧,孙保平.北京市大兴永定河沙地综合治理效益评价[J].水土保持通报,1998,18(6): 34- 38.
- [5] 王稳地,唐晓春,等.流域泥石流防治效益评估模型初探[J].水土保持学报,1994,8(3): 69- 73.
- [6] 王礼先.小流域综合治理效益评价方法与指标[J].北京林业大学学报,1991,13(3): 50- 51.
- [7] 许树柏.层次分析法原理及其应用[M].天津大学出版社,1988. 1- 25.