

水土保持技术综合评价模型的建立与应用

陈冰洁^{1,2}, 胡小宁^{1*}

¹西北农林科技大学理学院, 陕西 杨凌

²西北农林科技大学葡萄酒学院, 陕西 杨凌

收稿日期: 2023年1月5日; 录用日期: 2023年2月6日; 发布日期: 2023年2月13日

摘要

长期以来缺乏有效的、合理的水土保持技术评价指标体系和评价模型, 影响水土保持技术经验总结和技术推广。本文以陕北黄土高原水土保持技术为依托, 综合考虑不同技术的共性特征, 按照技术研发、应用、推广的过程, 建立了水土保持技术评价二级指标体系, 并借助于层次分析法构建了水土保持技术综合评价模型, 同时可以实现技术四个基本维度的评价。并利用米脂县高西沟村水土保持技术的调研数据验证了模型的适用性。

关键词

水土保持技术, 指标体系, 评价模型, 层次分析法

The Establishment and Application of Comprehensive Evaluation Model for Soil and Water Conservation Technology

Bingjie Chen^{1,2}, Xiaoning Hu^{1*}

¹College of Science, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi

²College of Enology, Northwest A&F University, Yangling Shaanxi

Received: Jan. 5th, 2023; accepted: Feb. 6th, 2023; published: Feb. 13th, 2023

Abstract

There is no effective and reasonable evaluation index system and evaluation model for soil and water conservation technology for a long time, which affects the experience summary of soil and

*通讯作者。

water conservation technology and the promotion of technology. Based on the soil and water conservation technology in the Loess Plateau of Northern Shaanxi, taking into account the common characteristics of different technologies, the paper established a secondary index system for the evaluation of soil and water conservation technology according to the process of technology development, application and promotion, and constructed a comprehensive evaluation model of soil and water conservation technology with Analytic Hierarchy Process, which could also achieve the evaluation of four basic dimensions of technology. The applicability of the evaluation model was verified by the survey data of soil and water conservation technology in Gaoxigou Village, Mizhi County.

Keywords

Soil and Water Conservation Technology, Index System, Evaluation Model, Analytic Hierarchy Process

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

陕北黄土高原是中国西部水土流失最严重的地区,黄河泥沙 50%来自这一区域,是我国水土保持和生态建设的重点地区。严重的水土流失影响着黄河流域的生态安全,长期制约该区域经济和社会的可持续发展[1] [2]。在新时代背景下,为了修复受损的生态系统和改善生活环境,推进生态文明和美丽中国建设,国家提出实施山水林田湖草系统治理工程,构建人与自然生命共同体,陕西黄土高原被列为国家第一批山水林田湖草生态保护修复工程试点之一。为了更好地开展黄土高原地区山水林田湖草系统治理工程,需要对水土保持技术进行评价。

对水土保持技术进行评价,是总结过去黄土高原水土流失治理成功经验的需要。长期以来,国家在该地区先后开展了水土保持重点工程、小流域治理工程、退耕还林(草)工程、淤地坝建设等一系列水土保持生态工程,对水土流失控制、生态恢复等均起到了良好作用。众多生态治理项目的实施,研发了大量的水土保持技术,积累了丰富的水土流失治理和修复经验。总结经验的过程就是对水土保持技术进行评价的过程。只有对技术进行合理全面的评价,才能对水土保持技术进行科学系统的选择、优化和组合。

对水土保持技术进行评价,能有效避免学习和借鉴国外先进技术经验的盲目性。美国在土壤侵蚀治理方面启动较早,如设立农业部土壤保护局以来,采取了免耕等一系列技术措施,并将综合治理和生态平衡、土地所有者利益相结合,取得了显著效果[3] [4]。欧洲国家在森林、河流、湿地、废弃地等土壤受损生态系统的恢复和重建方面积累了丰富的技术和经验[5] [6] [7]。然而这些土壤修复技术都有其适宜性,将其应用于不同的土壤侵蚀治理项目中,可能会起到正向或反向的作用。只有对水土保持技术进行合理全面的评价,才能筛选出满足我国所需要的水土保持技术,避免盲目引进技术造成资源的浪费。

对水土保持技术进行评价,能够为对外推广我国先进的水土保持技术经验提供理论依据。国家实施的水土保持等各类生态工程,不仅是为了解决我国的生态环境问题,也是为了维护世界生态安全贡献中国智慧和力量。我国在黄土高原积累的一系列水土保持技术非常值得向国外尤其是一带一路沿线遭受类似问题困扰的国家进行经验推广。各类水土保持工程,都是一个技术的有机结合的系统整体,技术要素之间有效协作,实现水土流失治理和修复效益最大化。只有对水土保持技术进行合理全面的评价,才能

够展现各项技术的特征和功能, 在对外推介我国先进水土流失治理工程的成功经验时提供相应的理论依据和支撑。

长期以来, 国内外许多学者对水土保持技术评价做了有意义的探索和研究, 尤其在陕北黄土高原地区, 针对长期以来使用的水土保持技术进行了经验总结和实施效果评价。然而, 这些研究更多地局限于对某个地区某种水土保持技术实施后的效果评价, 结果不具备可比性, 对于更大尺度的对多种水土保持技术建立指标体系进行综合评价的研究还处于非常薄弱和分散的状态, 尚未形成有效的、合理的水土保持技术评价指标体系和评价模型[8] [9] [10]。

因此, 水土保持技术研究中需要建立更加科学合理的指标体系和方法模型对技术进行全面综合评价。鉴于此, 本文将以陕北黄土高原水土保持技术为依托, 基于宏观尺度构建水土保持技术全面评价的指标体系, 研究建立评价模型, 为我国水土流失治理经验的总结提供有效工具, 为水土保持技术的选择、优化、引进和输出提供理论依据, 为我国水土保持建设方案设计提供参考。

2. 研究区域概况

陕北黄土高原是我国黄土高原的中心部分。地势西北高, 东南低, 东起黄河, 西至陕西省边界, 南与关中盆地、北与毛乌素沙漠毗邻, 范围包括榆林地区东南部、延安地区、铜川市、咸阳地区北部。面积约 8767 平方公里, 占陕西省面积的 42.6%。黄土地貌是陕北黄土高原最主要的地貌类型, 由黄土塬、黄土梁、黄土峁和沟壑组成。属于温带半干旱和温暖带半干旱气候环境, 夏秋季多暴雨, 容易形成暴雨径流, 造成严重的水土流失[11]。

3. 水土保持技术综合评价模型的建立

3.1. 指标体系

在梳理现有评价指标的基础上, 综合考虑不同技术的共性特征, 按照技术研发、应用、推广的过程, 分析水土保持技术自身属性、实施条件、实施效果、推广前景等, 建立了如下二级指标体系(表 1)。

Table 1. Comprehensive evaluation index system of soil and water conservation technology

表 1. 水土保持技术综合评价指标体系

目标层	指标层			
	一级指标		二级指标	
	名称	权重	名称	权重
水土保持技术 评价得分(y)	技术属性(x_1)	0.093	技术结构复杂度(x_{11})	0.198
			可使用年限(x_{12})	0.268
			创新度(x_{13})	0.105
			劳动力文化程度(x_{14})	0.153
			技术研发或购置费用(x_{15})	0.276
	实施条件(x_2)	0.365	生态目标的有效实现程度(x_{21})	0.377
			经济目标的有效实现程度(x_{22})	0.217
			社会目标的有效实现程度(x_{23})	0.252
			政策配套程度(x_{24})	0.154

Continued

		土壤侵蚀模数(x_{31})	0.301
		水土流失治理度(x_{32})	0.312
实施效果(x_3)	0.453	人均纯收入(x_{33})	0.159
		粮食单产(x_{34})	0.131
		辐射带动程度(x_{35})	0.097
推广前景(x_4)	0.089	生态建设需求度(x_{41})	0.475
		经济发展需求度(x_{42})	0.247
		劳动力持续使用意愿(x_{43})	0.278

3.2. 综合评价模型

层次分析法(Antalytic Hierarchy Process, 简称 AHP)是美国运筹学家 Saaty 教授于二十世纪 80 年代提出的一种实用的多方案或多目标的决策方法。是最常用的综合评价模型之一。为了得到指标体系中各指标的权重, 共向水土保持、生态学、环境科学等领域相关专家发送 30 份调查问卷, 对每级指标中同一属性组的元素进行两两比较。比较时需要对重要性进行赋值, 从而得到各级指标中两两比较的判断矩阵。指标重要性赋值规则如下(表 2):

Table 2. Importance assignment table
表 2. 重要程度赋值表

数字	含义	数字	含义
9	甲比乙极端重要	1/9	甲比乙极端不重要
7	甲比乙强烈重要	1/7	甲比乙强烈不重要
5	甲比乙明显重要	1/5	甲比乙明显不重要
3	甲比乙稍微重要	1/3	甲比乙稍微不重要
1	甲与乙同样重要		

两两比较时不同人做出的判断存有差异, 因此, 得到的判断矩阵一般是不一致的。但为了能够用其构造权重向量, 其不一致程度应在允许范围内, 因此, 需要对其进行一致性检验。对收回的判断矩阵进行一致性检验后, 获得了各指标的最终权重(表 1)。从而, 水土保持技术综合评价模型为:

$$\begin{aligned}
 y = & 0.0184x_{11} + 0.0249x_{12} + 0.0098x_{13} + 0.0142x_{14} + 0.0257x_{15} \\
 & + 0.1376x_{21} + 0.0792x_{22} + 0.0920x_{23} + 0.0562x_{24} \\
 & + 0.1364x_{31} + 0.1413x_{32} + 0.0720x_{33} + 0.0593x_{34} + 0.0439x_{35} \\
 & + 0.0423x_{41} + 0.0220x_{42} + 0.0247x_{43}
 \end{aligned} \tag{1}$$

借助于 AHP 法, 不仅可以对水土保持技术进行综合评价外, 还可以对技术的自身属性、实施条件、实施效果、推广前景等要素进行评价。对水土保持技术的技术属性进行评价的模型为:

$$x_1 = 0.198x_{11} + 0.268x_{12} + 0.105x_{13} + 0.153x_{14} + 0.276x_{15} \tag{2}$$

对水土保持技术的实施条件进行评价的模型为:

$$x_2 = 0.377x_{21} + 0.217x_{22} + 0.252x_{23} + 0.154x_{24} \tag{3}$$

对水土保持技术的实施效果进行评价的模型为:

$$x_3 = 0.301x_{31} + 0.312x_{32} + 0.159x_{33} + 0.131x_{34} + 0.097x_{35} \quad (4)$$

对水土保持技术的推广前景进行评价的模型为:

$$x_4 = 0.475x_{41} + 0.247x_{42} + 0.278x_{43} \quad (5)$$

4. 水土保持技术综合评价模型的应用

为了验证本文建立的水土保持技术评价模型的科学合理性, 2022年9月, 对陕北黄土高原地区高西沟村的水土保持技术进行调研。高西沟村位于米脂县城东北20公里处, 由40架山、21条沟组成, 属典型黄土高原丘陵沟壑区。占地总面积为4平方公里, 其中, 耕地4553亩、林地2250亩、草地1526亩、基本家田777亩。年平均气温8.4℃, 年平均日照为2761小时, 无霜期平均162天, 年平均降雨量451.6mm。上世纪五十年代, 高西沟建立了土地利用的“三三制”模式。经过几十年的水土流失治理, 高西沟从之前的荒山穷沟, 变成了黄土高原的生态建设示范点, 实现了人与自然和谐相处、经济与社会协调发展的目标。

共有5位调研员参与调研, 每人独立给出表1中各指标的得分值, 并将5位调研员的得分值求平均作为最终得分。为了便于计算, 将得分值进行0-1标准化:

$$u = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (6)$$

将得分值带入模型(1)~(5), 得出高西沟村水土保持技术评价得分其各属性的评价得分值(表3)。

Table 3. Scoring table of water and soil conservation technical evaluation

表 3. 水土保持技术评价得分表

指标名称	调研得分值	评价得分值	误差率(%)
技术评价得分(y)	0.979	0.971	0.82
技术属性(x ₁)	0.899	0.891	0.89
实施条件(x ₂)	0.968	0.979	1.14
实施效果(x ₃)	0.975	0.992	1.74
推广前景(x ₄)	0.917	0.903	1.53

其中, 误差率的计算公式为:

$$\text{误差率} = \frac{|\text{调研得分值} - \text{评价得分值}|}{\text{调研得分值}} \times 100\% \quad (7)$$

由表3可得, 利用水土保持评价模型(1)~(5)计算得出的评价得分与调研所得评价得分的误差率最大为1.74%, 说明本文建立的水土保持综合评价模型及其各属性评价模型是科学合理的。

5. 结论

本文以陕北黄土高原水土保持技术为依托, 建立了水土保持技术评价的指标体系和综合评价模型, 并对评价模型进行应用和验证。

1) 综合考虑不同技术的共性特征, 按照技术研发、应用、推广的过程, 建立了以技术属性、实施条件、实施效果、推广前景等基本维度的二级指标体系。

2) 利用层次分析法建立了水土保持技术综合评价模型, 不仅可以对技术做出整体综合评价, 并且可以实现技术的四个基本维度的评价。

3) 利用米脂县高西沟村水土保持技术的调研数据, 对建立的水土保持技术综合评价模型进行验证, 模型计算得分值与调研所得的得分值之间的误差率最大为 1.74%, 说明本文所建水土保持技术综合评价模型在黄土高原地区具有科学合理性, 但在其他地区的推广和应用有待于进一步研究。

基金项目

陕西省自然科学基金研究计划青年项目(2021JQ-172); 中央高校基本科研业务费(2452022365); 西北农林科技大学大学生创新创业训练计划创新训练项目。

参考文献

- [1] 刘国彬, 上官周平, 姚文艺, 等. 黄土高原生态工程的生态成效[J]. 中国科学院院刊, 2017, 32(1): 11-19.
- [2] 徐文梅, 刘长海, 廉振民. 陕北黄土高原退化生态系统的恢复与重建[J]. 西北林学院学报, 2005, 20(3): 23-25.
- [3] Bullock, J.M., Aronson, J., Newton, A.C., et al. (2011) Restoration of Ecosystem Services and Biodiversity: Conflicts and Opportunities. *Trends in Ecology and Evolution*, **26**, 541-549. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2011.06.011>
- [4] Kassam, A., Derpsch, R. and Friedrich, T. (2014) Global Achievements in Soil and Water Conservation: The Case of Conservation Agriculture. *International Soil and Water Conservation Research*, **2**, 5-13. [https://doi.org/10.1016/S2095-6339\(15\)30009-5](https://doi.org/10.1016/S2095-6339(15)30009-5)
- [5] Zerbe, S. (2002) Restoration of Natural Broad-Leaved Woodland in Central Europe on Sites with Coniferous Forest Plantations. *Forest Ecology and Management*, **167**, 27-42. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00686-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00686-7)
- [6] Pedersen, M.L., Andersen, J.M., Nielsen, K. and Linnemann, M. (2007) Restoration of Skjern River and Its Valley: Project Description and General Ecological Changes in the Project Area. *Ecological Engineering*, **30**, 131-144. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2006.06.009>
- [7] Hoffmann, C.C. and Baattrup-Pedersen, A. (2007) Re-Establishing Freshwater Wetlands in Denmark. *Ecological Engineering*, **30**, 157-166. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2006.09.022>
- [8] 甄霖, 王继军, 姜志德, 等. 生态技术评价方法及全球生态治理技术研究[J]. 生态学报, 2016, 36(22): 7152-7157.
- [9] 甄霖, 胡云锋, 魏云洁, 等. 典型脆弱生态区生态退化趋势与治理技术需求分析[J]. 资源科学, 2019, 41(1): 63-74.
- [10] Zhen, L., Yan, H., Hu, Y., et al. (2017) Overview of Ecological Restoration Technologies and Evaluation Systems. *Journal of Resources and Ecology*, **8**, 315-324. <https://doi.org/10.5814/j.issn.1674-764x.2017.04.002>
- [11] 陕西百科编委会. 陕西百科全书[M]. 西安: 陕西人民教育出版社, 1992.