

# 流域水土保持生态效益评价模型构建与应用研究

杨孟钊<sup>1</sup> 袁梅<sup>2\*</sup> 耿晓林<sup>3</sup> 孙桂腾<sup>1</sup> 王瑞洁<sup>1</sup>

1. 山东鲁凯水利咨询有限公司, 中国·山东 滨州 256600

2. 滨州市滨城区水利资源开发建设中心, 中国·山东 滨州 256600

3. 无棣县城乡水务发展中心, 中国·山东 滨州 251900

**摘要:** 水土保持主要是指保持河流的水体功能, 它可以为河流提供水源保障, 保持土壤养分, 具有重要的生态环境作用。为了评估其有效的状态, 必须进行有效的评估手段来对其评价。论文构建一个全面可体现各种不同的水土保持措施对河流水质、生态环境恢复、保土率的水土保持生态环境效益评价模式, 通过大量的数据收集、资料整理、参取建模的步骤, 将该模式进行完善与验证, 针对河流水体保护改善、生态修复、土壤保护、区域的管理措施研究广泛使用。证明了该评价模式能提供准确的计划方法, 以便对有效的水土保持措施实施, 进而保持流域生态环境的健康发展。

**关键词:** 流域水土保持; 生态效益; 评价模型; 水质改善; 土壤保护

## Research on Construction and Application of Evaluation Model for Ecological Benefit of Water and Soil Conservation in Watershed

Mengzhao Yang<sup>1</sup> Mei Yuan<sup>2\*</sup> Xiaolin Geng<sup>3</sup> Guiteng Sun<sup>1</sup> Ruijie Wang<sup>1</sup>

1. Shandong Lukai Water Conservancy Consulting Co., Ltd., Binzhou, Shandong, 256600, China

2. Bincheng District Water Resources Development and Construction Center, Binzhou City, Binzhou, Shandong, 256600, China

3. Wudi County Urban and Rural Water Development Center, Binzhou, Shandong, 251900, China

**Abstract:** Soil and water conservation mainly refers to maintaining the water body function of rivers, it can provide water source security for rivers, keep soil nutrients, has an important ecological environment role. In order to evaluate its effective state, it must be evaluated by effective evaluation means. In this paper, a soil and water conservation eco-environmental benefit evaluation model is constructed, which can comprehensively reflect the effects of various soil and water conservation measures on river water quality, ecological environment restoration and soil conservation rate. Through a large number of data collection, data sorting and modeling steps, the model is improved and verified. It is widely used in the research of river water protection improvement, ecological restoration, soil protection and regional management measures. It is proved that this evaluation model can provide an accurate planning method to implement effective soil and water conservation measures and maintain the healthy development of watershed ecological environment.

**Keywords:** watershed soil and water conservation; ecological benefits; evaluation model; water quality improvement; soil protection

## 0 前言

水土保持是对自然因素或人为活动造成水土流失所采取的预防和治理措施。水土保持效益是指水土保持措施对于减弱和预防水土流失、保护和改良水土资源、促进生态系统良性循环和社会经济系统健康发展的贡献。水土保持效益评价是对水土保持措施贡献的计算和分析。客观定量、科学地评价区域水土保持的效益, 可正确评估治理策略的适用性、治理措施的有效性和可靠性, 也可为进一步的治理决策提供依据。通过综合运用数据收集、模型构建与实际监测技术, 水土保持效益的定量评价为流域治理提供了强有力的决策支持, 有助于合理配置资源和优化管理措施, 从而有效提高治理效率, 推动生态环境的长期稳定和区域可持续发展。

## 1 流域水土保持的概念

### 1.1 流域水土保持的定义

流域水土保持是针对整个流域环境的干预, 旨在减少水土流失, 同时保持或者修复土壤、植被、水源等资源, 确保对水土资源的合理利用和可持续利用。其并不是一个单纯的水土保持项目, 而是包含多个要素的一项综合性环境项目, 涉及地形改变、植被覆盖、水文调节以及生态修复等。在流域水土保持中, 要采取建设防洪堤坝、梯田等水土保持措施, 栽种绿色植被, 调整对水的调配方式, 改善土地质量等一系列应对水土流失的防治措施。在防治水土流失的同时提高水体蓄水量, 增强地区抗自然条件的能力, 促进地区经济向可持续发展的方向发展。总之, 流域水土保持的根本目的是

要协调自然、人类社会和经济活动三者之间的关系,让地区生态环境和社会经济都能够得以均衡发展。

### 1.2 流域水土保持的主要目标

对于流域水土保持的生态目标为减少水土流失、恢复植被覆盖、提高生物多样性,从而改善流域的生态环境,防止水土流失引起的土地长期性损害。对于水资源管理的目标则是增强水资源的调配和蓄水能力,提升河流的水源涵养能力,防止洪灾对水源所造成的二次污染及侵蚀现象,保障流域的长久性供水。流域水土保持还可以改善农业生产状态,提升土壤养分含量和抗旱、抗涝的性能,促进农业发展。总的来说流域水土保持的战略目标就是综合采取一系列手段,以实现生态恢复、资源保护、经济发展的三赢局面,阻止环境退化和资源耗损,实现人与自然是和谐共生。

### 1.3 流域水土保持的区域特征

流域水土保持的区域特征与其所处的地理环境条件(地貌、气象、土壤、植被等)密不可分,不同水系间地理条件和气候条件的差异,是决定不同的水土保持类型和方式的选择。例如,黄土高原地区水系受土质疏松、降水多而急的共同影响,造成它们面临着严重的水土流失,主要体现在山崩、沟蚀等。而湿地区域,如长江流域,主要着重防农流污染和水土流失;而对于干旱或半干旱流域,除了防治水土流失外,还需要通过改善植被及增强水源涵养能力,来处理水资源匮乏及土地退化等问题。同时,流域内社会经济发展也会直接影响水土保持状况,如农耕地的利用强度、人口密度、土地利用类型等,都会对水土保持带来不同的影响。

## 2 流域水土保持生态效益评价模型的构建路径

### 2.1 数据收集与处理

在流域水土保持生态效益评价模型构建时,获取且处理数据是一个十分关键的前期步骤。数据的准确性、可靠程度将影响评价模型的稳健性和有效性。一方面,我们需要关注地区气候状况(如降雨量、温度等)、土壤状况(如土壤类型、侵蚀程度等)、土地利用状况(农业用地、林业用地、草场用地、城镇建设用地等)和水文状况(流量、河流水质等),还有环境生态监测数据(植物覆盖率、生物多样性、生态恢复状况)等信息。另一方面,对于大流域,遥感与GIS(地理信息系统)就是获取数据的主要途径,可以为大范围连续性控制信息提供数据资源。在数据处理时,需要对取得的数据进行清洗、规范化和补齐等处理,以确保模型输入数据的质量和一致性。对空间数据的填充和时间序列数据平滑修正也是前期数据处理的重要步骤,在这一步骤中可以减小测量误差以及自然波动对数据质量的影响,提高后期分析的精度。

### 2.2 模型参数与变量选择

水土保持生态效益评价的准确性取决于合理地选择参数和变量的设定。模型最初应选择影响水土保持成效的主要

因子,通常包括采用的水土保持措施力度、土地利用变化、土壤保护措施、植物恢复情况等,但这些因子也都影响着减少水土流失、生态恢复、水源保障的效益,如土壤侵蚀模数、植被覆盖度、斜坡坡度、降雨量、降雨量、降雨频率等水土流失保育效益的影响因素。此外,土地利用形态变化同样会对生态效益产生影响,因此还应包括土地类型变迁、土地管理变迁等变量。对参数的选择应结合流域本身的属性,并考虑自然环境及社会经济的发展等方面进行综合考虑。此外,水土保持措施的效能系数也是重要的模型参数,如梯田修筑、植被恢复等各种措施的生态效益之间的差异,必须通过对已有研究成果或者现场研究资料进行定量分析得出。

### 2.3 模型构建的核心方法

构建流域水土保持生态效益评价模型要考虑多因素、多尺度的特点,确保其评估结果具有整体性与科学性,其中运用较多的典型理论技术和方法有系统分析法、层次分析法(AHP)、模糊综合评价法、灰色关联分析法等。系统分析法能全面评价水土保持措施的生态环境效益,通过对各种环境效应因素进行系统综合,构建出反映水土保持效益因果关系的相关网络。而层次分析法能够对多套评价标准中各种因素的相对作用强度进行平衡与协调,确保该模型在各种条件下的适用性与实用性。模糊综合评价法可以确定水土保持措施之间模糊的、不确定的环境效益,尤其适用于难以确定的生态环境效益。而应用灰色相关分析法可以明确判定与水土保持效益相关的重要因素,并为此模型各指标的参数选取提供理论依据。

### 2.4 模型验证与优化

验证和优化是模型准确性和效率的保障,为检验模型精度,使用一些比较方法验证模型,如交叉验证、多源数据验证和历史数据验证,从而了解模型模拟结果与实际模拟之间的差异,从而检验模型精度以及稳定性。接下来使用敏感性分析找出影响结果最大的敏感性变量并加以调节提高模型精度。优化过程可以通过遗传算法、模拟退火等数字优化方法提高模型鲁棒性和通用性,通过反复迭代优化来获得最优解,找到合适的敏感性变量及最优解。优化同时要考虑模型表达的简明化,避免对模型过分拟合,保障模型具有良好的泛化能力。同时,模型要长期优化,应该建立在模拟得到的结果同实践结果相互检验和反馈的基础之上,对于不同区域的河流、动态变化的生态系统,应该定期依据生态环境信息、政策变化以及技术创新更新和调整。

## 3 生态效益评价模型在流域水土保持中的应用

### 3.1 模型在水质改善中的应用

改善水质是流域水土保持目标之一。水土流失不仅加重土壤侵蚀,还可造成水质污染及泥沙淤积而影响水源的可持续利用。生态效益评价模型可将水土流失对水质污染的影响数值化,并以此为依据,计算各水土保持措施(如植被恢

复、梯田、湿地等)对改善水质的作用效果,通过计算流域汇流过程、土壤侵蚀量及污染物浓度扩散量,来计算各措施对河流水质改善的定量效益。可分析水质污染元素的类型、来源和分布,得出各水域采用植被恢复、梯田、湿地保护等措施对水质改善的量化效益结果。帮助决策者判断各项措施对河流水质改善的实际效益,并应用于整个流域的水量、水质管理,从而有效地开展相应的水土流失和水质的管理。生态效益评价模型可根据降雨、地形、土地利用等因子实时预测流域的水质情况,并针对不同气象条件和人类活动提出相应措施,可应用于后续的水资源管理和生态环境保护等工作中。

### 3.2 模型在生态恢复中的应用

水土保持的重要措施之一是流域生态修复,在水土保护的同时可以提高整个流域的生态效益。包括植被、湿地、河流修复等多种方式。利用生态效益评价模型,可以评估各类生态修复措施对于水土保持的影响和实现的效果。模型以植物覆盖率、物种多样性、土壤质量等生态指标为输入,以土地利用变化及对应的修复措施为输入,呈现修复完成后流域水土保持的能力和生态效益的影响。在生态修复中利用该模型模拟了多种不同的生态修复措施(如人工草地建设、植树造林、湿地重建等)对于土壤侵蚀和水体保护、生物栖息条件等方面的效益影响,通过对比各类生态修复战略中的生态效益来比较各类战略的优劣,为流域特定地区的生态修复战略提供选择的可能,减少资源不合理地配置和浪费。同时该模型可以实时监测修复行动长期的影响,并对生态修复过程中的关键生态指标进行持续跟踪,以便今后进一步修复优化。该模型可以在实际工作中帮助管理者制定更加精准的生态修复目标和开展战略,支持流域生态环境长期的修复工作。

### 3.3 模型在土壤保护中的应用

流域水土保持的一项重要工程便是土壤保护,在保证水源涵养的同时也是保障作物长久生产的需要。结合生态系统服务评估模型研究土壤保护的作用可以模拟出各项土壤保护措施的实施所带来的具体效果。模型可以考虑多种因素,包括降雨、地形、土壤、覆盖植被等,以此衡量不同的不同形式的农业措施和水土保持措施如何作用于土壤的稳定性,为其带来了科学依据。根据土壤侵蚀率变化、土壤有机物质变化、土壤营养等因素,该模型可以预测各项措施如何改变土壤侵蚀减少量,甚至是提升土壤质量。例如,在坡地农业区,模型可以模拟梯田修复、植被恢复等措施对减少土壤侵蚀的效果,帮助我们选择土壤保护的措施。模型还可以考虑到在不同气候条件下土壤保护措施的影响时间,还可以对不同的管理工作对土壤保护的衰退具有多大的抑制力作出评价。通过不断优化土壤保护措施,为该模型为当地的农业长久发展和生态环境的恢复提供了客观的指导,使土壤

资源得到有效保护。

### 3.4 模型在流域治理策略中的应用

流域治理是一项综合性及多领域的工作,涉及水土保持、生态恢复和水资源管理等。流域治理效果评价模式能够用其科学性和系统性为流域治理方法选择服务,使人们能在复杂的地形条件下和快速变化的气候条件下选择最为有效的治理方法,通过分析流域内地貌的变化、生态修复措施和防护措施等,全面地了解各项措施对流域水土保持、生态恢复和水质改善的效果,在流域治理过程中,评价模型能够帮助人们对比多种治理措施,找到经济效益最大的方法,比如通过融合降雨、水土流失、生态恢复等内容模拟各种土地管理方法(如生态农业、护岸清理、湿地保护等)的协同作用以及它们对流域水土保持和自然环境的影响,同时还可以预测未来气候变化对流域水土保持策略的影响,为流域治理提供实时更新与调整。最后通过全面的评价和优化,实现流域生态环境的综合治理,使得能够在有限的资源约束下实现最佳的流域治理,促进流域生态环境的健康发展。

## 4 结语

流域水土保持生态效益评价模型将对流域管理有重要的指导意义,可以帮助人们以数字化的形式对不同水土保持措施进行效果评价,进而促进河流生态系统恢复、土壤保持、水质改善等工作的开展。基于生态环境恶化趋势日益加剧的形势下,如何构建精准、高效的评价模型是进行水土保持活动的根本步骤。通过数理分析、预测模拟,可以知晓流域生态系统功能何以受到不同用地类型和水土保持方法的影响,进而为我们在防治阶段及治理阶段提供强有力的方法论和科技支撑。同时,需不断地调整和修正生态效益评价模型,才能更好地适应目前气候变暖、社会发展更加复杂等情况,从而使流域水土保持的动态管理更加科学。

### 参考文献:

- [1] 张龙江,纪荣婷,李辉,等.基于主导生态功能保护的美丽宜居村镇生态建设模式研究[J].生态与农村环境学报,2021,37(7):7.
- [2] 关红.岫岩满族自治县门楼生态清洁型小流域水土保持效益评价[J].水土保持应用技术,2021(2):3.
- [3] 冯磊.水土保持生态修复工程生态效益评价研究[J].电脑校园,2023(21):5412-5413.
- [4] 王丹彤.阜新市水土保持生态建设综合效益估算分析[J].黑龙江水利科技,2023,51(4):150-153.
- [5] 陈丽君.玉门市小流域水土保持综合治理生态效益评价[J].吉林水利,2023(6):68-71.

作者简介:杨孟钊(1992-),男,中国山东滨州人,本科,工程师,从事水资源、水土保持研究。

通讯作者:袁梅(1976-),女,中国山东滨州人,本科,高级工程师,从事水资源、水土保持研究。