

密云县山区小流域综合治理效益评价方法初探

韩富贵, 张波

(密云县水土保持工作站, 北京 101500)

摘要: 密云县长期以来坚持以水源保护为中心进行小流域综合治理, 取得显著成效, 但小流域治理效益的数量化评价依然是一个亟待解决的问题。基于 41 条小流域 1 700 余个数据, 综合运用统计分析方法, 计算了研究区小流域治理效益的数量化评价指标。结果表明, 小流域治理效益得分可以通过不同措施的工程量进行回归计算, 计算值与实际值无显著差异, 可以根据小流域治理中采取不同措施的工程量初步预测治理效益。生态清洁小流域建设思路符合北京市小流域治理工作需要, 能够带来更大的蓄水和保土效益。

关键词: 小流域治理; 评价方法; 密云县

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)04-0151-03

中图分类号: S157.1

Evaluation on Comprehensive Benefits of Watershed Management in Mountainous Area of Miyun County

HAN Fu-gui, ZHANG Bo

(Soil and Water Conservation Center of Miyun County, Beijing 101500, China)

Abstract: The watershed management of Miyun County has made significant achievements under the guiding ideology of water resource protection. However, there has still a problem in evaluating the effectiveness of watershed management quantitatively. Based on 1 700 measurements from 41 watersheds, this study established a quantitative method for evaluating the effectiveness of watershed management through comprehensive statistical analysis. The results show that the effectiveness score of watershed management can be calculated by different engineering measures. No obvious difference was found between the actual values and the predicted results, suggesting that the effectiveness of watershed management can be estimated roughly through the engineering measures. The theory of eco-clean watershed meets the needs of watershed management of Beijing area, and the realization of the theory will bring more water and soil conservation benefits.

Keywords: watershed management; evaluation method; Miyun County

密云县位于北京市东北部, 是北京市重要的地表饮用水源地和天然生态屏障, 也是北京市民休闲度假的胜地。密云县 80% 以上的区域处于重要地表水源保护区, 地貌类型以土石山和浅山丘陵为主, 植被覆盖差异较大, 受地形、土壤、气候等影响, 水土流失普遍存在, 水土流失类型以水力侵蚀为主, 伴有部分风蚀^[1]。长期以来, 以密云水库水源保护为中心进行的小流域综合治理, 取得了显著成效^[2]。但是, 小流域治理效益如何进行数量化评价依然是一个亟待解决的问题。目前, 小流域治理效益评价存在定量分析欠缺的问题, 并且, 有关将小流域综合治理效益与治理措施工程量联系起来的研究还鲜见报道。本研究

基于 41 条小流域的 1 700 多个数据, 综合运用旋转因子分析、相关分析和线性回归分析等方法, 获得了通过治理措施工程量估算小流域治理综合效益的方程式。方差分析结果表明, 方程式数据翔实可靠、理论依据充分, 可以运用于小流域综合治理的效益评价。

1 研究内容与方法

1.1 研究内容

收集、整理了密云县 2002—2010 年 41 条小流域基本资料 and 治理情况, 包括治理前水土流失面积、治理后水土流失面积、治理前土壤侵蚀模数、治理后土

收稿日期: 2011-08-18

修回日期: 2011-09-30

资助项目: 北京市水务系统青年科技骨干人才培养项目

作者简介: 韩富贵(1980—), 男(汉族), 宁夏回族自治区彭阳县人, 学士, 高级工程师, 主要研究方向水土保持生态建设和管理、水土保持监测等。E-mail: hanfg80@sohu.com。

壤侵蚀模数、治理前林草地覆盖面积、治理后林草地覆盖面积、采取的措施种类以及封禁、梯田石坎、节水灌溉、沟道清理等 21 项措施的工程量。其中,治理前水土流失面积、治理前土壤侵蚀模数、治理前林草地覆盖面积采用 2000 年北京市土壤侵蚀遥感调查结果和治理当年密云县统计年鉴;治理后土壤侵蚀模数根据北京市土壤流失方程^[3]推算,治理后水土流失面积、治理后林草地覆盖面积采用治理后 1~2 a 统计年鉴数据;各条小流域的治理措施及工程量采用设计方案中的数据。

1.2 研究方法

首先,计算出水土流失面积治理率、土壤侵蚀模数降低率和林草地覆盖面积增加率等 3 个指标,并通过加权求和的方法,得出综合反应小流域治理效益的新指标:治理效益综合得分 F_1 ,利用快速聚类方法,对 F_1 进行分类、定级。其次,利用线性回归分析方法,建立水土流失面积治理率、土壤侵蚀模数降低率、林草地覆盖面积增加率与采取措施工程量之间的回归方程。最后,验证回归方程的准确性;并利用治理效益综合得分对密云县 2002—2010 年小流域治理效益进行初步评价。

2 结果分析

2.1 小流域综合治理效益的分类、定级

为了排除流域面积对计算结果的影响,选择水土流失面积治理率、土壤侵蚀模数降低率和林草地覆盖面积增加率等 3 个指标作为基本参数,计算方法为:

水土流失面积治理率 =

$$\frac{\text{治理前水土流失面积} - \text{治理后水土流失面积}}{\text{治理前水土流失面积}} \times 100\% \quad (1)$$

土壤侵蚀模数降低率 =

$$\frac{\text{治理前土壤侵蚀模数} - \text{治理后土壤侵蚀模数}}{\text{治理前土壤侵蚀模数}} \times 100\% \quad (2)$$

林草地覆盖面积增加率 =

$$\frac{\text{治理后林草地覆盖面积} - \text{治理前林草地覆盖面积}}{\text{治理前林草地覆盖面积}} \times 100\% \quad (3)$$

通过加权求和法,计算得到包括水土流失面积治理率、土壤侵蚀模数降低率、林草地覆盖面积增加率这 3 个指标,并可综合反映小流域治理效益的新变量 (F_1),治理效益综合得分 F_1 的计算过程为:首先,对水土流失面积治理率等 3 个指标进行因子分析^[4];然后,根据主因子方差贡献率和因子得分系数确定 3 个指标的权重系数。因子分析通过统计软件 SPSS 进行,得到旋转后的主因子方差贡献率和因子得分系数,结果详见表 1—2。

表 1 旋转后的方差贡献率

主因子	因子旋转后结果		
	特征值	方差贡献率/%	累计贡献率/%
1	1.225	40.838	40.838
2	1.170	39.001	79.839

表 2 因子得分系数

序号	指标	β_1	β_2
1	水土流失面积治理率(X_1)	0.753	-0.466
2	土壤侵蚀模数降低率(X_2)	0.810	0.369
3	林草地覆盖面积增加率(X_3)	0.044	0.904

由因子得分系数的含义可知,因子得分系数与主因子方差贡献率的乘积就是各指标在样本中的贡献,各指标的贡献除以全部 3 个指标的贡献之和就可得到各个指标的权重系数。具体计算公式为:

$$\bar{\omega}_i = \frac{\sum_{j=1}^2 \beta_{ji} e_j}{\sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^2 \beta_{ji} e_j} \quad (4)$$

式中: β ——因子的得分系数; e ——主因子的方差贡献率。

根据公式(4)得到各指标的权重系数 $\bar{\omega}$ 为:水土流失面积治理率 0.138,土壤侵蚀模数降低率 0.521,林草地覆盖面积增加率 0.341。

3 个指标加权求和之后得到小流域治理效益综合得分。

$$F_1 = 0.138X_1 + 0.521X_2 + 0.341X_3 \quad (5)$$

式中: X_1 ——水土流失面积治理率; X_2 ——土壤侵蚀模数降低率; X_3 ——林草地覆盖面积增加率。

由公式(5)中各指标的取值范围可知,小流域治理效益综合得分 F_1 理论取值范围为 $[0, 1]$,得分越高,则表明小流域治理效益越明显,治理后小流域水土流失面积减小,土壤侵蚀模数显著降低,林草地覆盖面积明显增加。

选择聚类分析中的快速聚类(K-means)方法,利用 SPSS 软件对全部 41 组样本的治理效益综合得分进行聚类分析,聚类、方差分析结果显示,治理效益综合得分最终可以聚为 3 类,最终聚类中心分别为 0.535 和 0.337;在 95% 的显著性水平下,方差分析 Sig 值为 0,表明聚类结果在总体上有显著意义。根据聚类结果,可以对小流域治理效益分级为:如 $1 > F_1 \geq 0.535$,则表示小流域治理效益为“优”;如 $0.535 > F_1 \geq 0.337$,则表示小流域治理效益为“良”;如 $F_1 < 0.337$,则表示小流域治理效益为“一般”。

2.2 不同治理措施对小流域综合治理效益的影响

首先,分别对水土流失面积治理率(X_1)、土壤侵

蚀模数降低率(X_2)和林草地覆盖面积增加率(X_3)等 3 个指标与 21 项措施工程量进行线性相关分析,计算出与上述 3 个变量总体上显著相关的措施类型。结果如表 3—5 所示。

表 3 与水土流失面积治理率显著相关的措施

项目	相关系数	显著性
水保林/km ²	0.316*	0.044
节灌/km ²	0.350*	0.025
垃圾桶/个	0.377*	0.015
农路硬化/km	0.421**	0.007

注:*表示 α 为 0.05,**表示 $\alpha=0.01$ 。下同。

表 4 与土壤侵蚀模数降低率显著相关的措施

项目	相关系数	显著性
树盘/km ²	0.485**	0.001
垃圾桶/个	0.316*	0.044
滨岸/m	0.321*	0.041
够道清理/m ³	0.368*	0.018

其次,从 41 组样本数据中随机选择 30 组进行线性回归分析。为了排除不同量纲对计算结果的影响,首先对参与回归分析的所有自变量进行正态标准化,标准化后以原名称之前加 Z 表示。分别以水土流失面积治理率、土壤侵蚀模数降低率和林草地覆盖面积增加率为因变量,以与以上 3 个变量显著相关且正态标准化后的参数作为自变量,进行线性回归分析,结

果为:

$$\begin{aligned} \text{水土流失面积治理率} = & 0.028 \times Z_{\text{节灌}} - \\ & 0.075 \times Z_{\text{水保林}} - 0.067 \times Z_{\text{垃圾处理}} + \\ & 0.078 \times Z_{\text{农路}} + 0.809 \end{aligned} \quad (6)$$

(注:模型相关系数 $R = 0.544$,方差分析 Sig. = 0.059, $\alpha=0.05$)

$$\begin{aligned} \text{土壤侵蚀模数降低率} = & 0.073 \times Z_{\text{树盘}} + \\ & 0.011 \times Z_{\text{垃圾处理}} + 0.042 \times Z_{\text{滨岸治理}} + \\ & 0.031 \times Z_{\text{沟道清理}} + 0.526 \end{aligned} \quad (7)$$

(注:模型相关系数 $R = 0.564$,方差分析 Sig. = 0.042, $\alpha=0.05$)

$$\begin{aligned} \text{林草地覆盖面积增加率} = & 0.015 \times Z_{\text{经济林}} + 0.027 \\ & \times Z_{\text{水保林}} - 0.007 \times Z_{\text{树盘}} + 0.107 \end{aligned} \quad (8)$$

(注:模型相关系数 $R = 0.784$,方差分析 Sig. = 0, $\alpha=0.05$)

表 5 与林草地覆盖面积增加率显著相关的措施

项目	相关系数	显著性
树盘/km ²	0.423	0.006
经济林/km ²	0.778	0.000
水保林/km ²	0.560	0.000

注: $\alpha=0.01$

最后,利用剩余的 11 组样本数据对回归方程进行验证,计算得到水土流失面积治理率等 3 个指标实际计算值和预测值对比详见表 6。

表 6 不同参数计算值和预测值的对比

流域名	实际计算值			模型预测值		
	水土流失面积治理率(X_1)	土壤侵蚀模数降低率(X_2)	林草地覆盖面积增加率(X_3)	水土流失面积治理率(X_1)	土壤侵蚀模数降低率(X_2)	林草地覆盖面积增加率(X_3)
田庄	0.946	0.750	0.117	0.733	0.567	0.074
西白莲峪	0.240	0.300	0.076	0.779	0.455	0.067
西口外	0.296	0.412	0.007	0.857	0.446	0.040
西庄子	0.887	0.494	0.077	0.740	0.443	0.085
下营	1.000	0.444	0.004	0.837	0.443	0.040
小曹村	0.782	0.500	0.064	0.797	0.455	0.040
杨家堡	1.000	0.714	0.100	0.970	0.502	0.038
张家坟	1.000	0.714	0.097	0.819	0.827	0.021
张庄子	1.000	0.714	0.088	1.068	0.823	0.019
朱家湾	0.960	0.500	0.000	0.889	0.513	0.035
朱家峪	0.464	0.444	0.091	0.856	0.449	0.040

使用 SPSS 软件,通过配对样本 T 检验方法,对实际计算值和模型预测值进行差异显著性分析,在 95% 的显著性水平上计算得到 Sig 值分别为:水土流失治理率(0.539),土壤侵蚀模数降低率(0.718),林草地覆盖面积增加率(0.149)。结果显示,水土流失

治理率等 3 个指标实际计算值和模型预测值之间总体上无显著差异,表明所得到的线性回归方程有较高的预测精度,可以利用方程根据治理措施工程量预测水土流失面积治理率等 3 个基本参数,进而求得小流域治理效益综合得分,划分小流域治理效益等级。

(下转第 157 页)

地、天然草地、林草植被覆盖面积监测,基于5 m分辨率融合影像可开展坡耕地、林草植被覆盖面积监测,基于10 m分辨率多光谱影像仅可用于林草植被覆盖面积监测。0.6 m分辨率的融合影像因其分辨率较高且影像色彩丰富,基本可适用于梯田、坡耕地、坝地、林地、草地等各种地类的监测。有林地、灌木林地监测应基于纹理和波谱特征提取。因此,在黄土丘陵沟壑区第Ⅰ副区,开展梯田、沟台地、疏林地、未成林造林地遥感监测的影像分辨率应优于2.5 m,开展坡耕地、坝地、退耕荒草地遥感监测的影像分辨率宜优于2.5 m,开展天然草地遥感监测的影像分辨率可选择2.5 m,开展乔灌草混交林草植被遥感监测的影像分辨率宜优于10 m。

本研究在地形十分破碎的黄土丘陵沟壑区第Ⅰ副区进行了不同分辨率遥感影像提取水土保持措施等信息精度对比分析,遥感监测中同谱异物、同物异谱现象比较普遍,不同地形地貌特征的区域、不同的监测对象、不同的监测时段,开展遥感监测所需影像的空间分辨率、影像类别(全色、多光谱等)、影像时相均有差异。因此,水土保持措施、土地利用分类等遥感监测,应根据不同区域的地形地貌特点、不同的监测对象和监测精度选择适宜空间分辨率、适宜类别、

适宜时相的遥感影像并采用适宜的信息提取方法开展。

[参 考 文 献]

- [1] 李智广,刘宪春,刘建祥,等. 第一次全国水利普查水土保持普查方案[J]. 水土保持通报,2010,30(3):87-91.
- [2] 龚明劫,张鹰,张芸. 卫星遥感制图最佳影像空间分辨率与地图比例尺关系探讨[J]. 测绘科学,2009,34(4):232-233.
- [3] 初艳锋,李二森,卢俊,等. 卫星影像空间分辨率与成图比例尺的适应性分析[J]. 海洋测绘,2007,27(4):47-50.
- [4] 张廷斌,唐菊兴,刘登忠. 卫星遥感图像空间分辨率适用性分析[J]. 地球科学与环境学报,2006,28(1):79-82.
- [5] 潘家文,朱德海,严泰来,等. 遥感影像空间分辨率与成图比例尺的关系应用研究[J]. 农业工程学报,2005,21(9):124-128.
- [6] 寇权,王愿昌,吴永红,等. 基于高分辨率卫星影像的梯田监测方法研究[J]. 中国水土保持,2005(12):24-25.
- [7] 王冬梅,吴卿,王西林,等. 应用高分辨率卫星影像提取水土保持措施信息的分类后处理技术研究[J]. 中国水土保持,2006(5):42-43.
- [8] 中华人民共和国水利部. SL277—2002 水土保持监测技术规程[M]. 北京:中国水利水电出版社,2002.
- [9] 中华人民共和国水利部. SL449—2009 水土保持工程初步设计报告编制规程[M]. 北京:中国水利水电出版社,2009.

(上接第153页)

2.3 密云县 2002—2010 年小流域治理效益评价

2002—2010年,密云县共治理小流域41条,项目涉及流域面积共807.7 km²,共治理水土流失面积378.8 km²,宜林宜草地植被覆盖面积共增加52.23 km²。已治理的41条小流域,水土流失面积治理率平均达到79.45%,土壤侵蚀模数平均降低52.94%,林草地覆盖面积平均增加11.27%,治理效益明显。依据小流域治理综合效益分类、定级原则,对全部41条小流域治理效益综合得分进行分类汇总,得到2002—2010年密云县41条小流域综合治理成效显著,51%的小流域综合治理效益达到良,24%的小流域综合治理效益达到优等水平,表明小流域综合治理措施发挥了比较显著的蓄水、保土效益。特别是2004年北京市提出生态清洁小流域建设思路之后,小流域综合治理效益明显提高。

2004—2010年,综合治理效益得到优等的小流域达到53%,比2002—2010年小流域治理综合效益均值提高了29%,表明生态清洁小流域建设符合北京市山区小流域治理思路,可以有效地提高小流域治理综合效益。

3 结 论

(1) 小流域治理效益得分可以通过不同措施的工程量进行回归计算,计算值与实际值无显著差异,可以根据小流域治理中采取不同措施的工程量初步预测治理效益。

(2) 利用小流域治理效益综合得分对2002—2010年密云县山区小流域治理效益进行评价,结果表明小流域治理效益明显。生态清洁小流域建设思路更加符合北京市山区小流域治理实际需要,可以带来更大的蓄水、保土效益。

[参 考 文 献]

- [1] 韩富贵. 密云县水土保持生态建设的成效与展望[J]. 中国水土保持,2007(6):50-52.
- [2] 韩富贵. 密云县建设生态清洁小流域的实践[J]. 中国水土保持,2007(9):47-50.
- [3] 刘宝元,毕小刚,符素华,等. 北京土壤流失方程[M]. 北京:科学出版社,2010.
- [4] 任广平,邹志红,孙靖南. 因子分析及其在河网水质综合评价中的应用研究[J]. 环境污染治理技术与设备,2005,5(4):91-94.