

重要水源地东圳库区土地利用与水土流失 特征空间关系分析

胡媛^{1,2}, 查轩^{1,2}, 黄少燕^{1,2}

(1. 福建省亚热带资源与环境重点实验室, 福州 350007; 2. 福建师范大学 地理科学学院, 福州 350007)

摘要:选取重要水源地东圳库区为研究区,利用 GIS 和 SPSS 技术,通过不同土地利用方式的土壤侵蚀综合指数和主成分分析两种方法进行定量分析与对比研究。结果表明:①不同土地利用方式的土壤侵蚀综合指数从强到弱的顺序是园地>耕地>未利用地>居民地>草地>林地;②不同土地利用的水土流失强度主成分分析得出各相关因子贡献率从大到小的顺序为:园地>耕地>未利用地>居民地>草地>林地;③通过土壤侵蚀强度综合指数和主成分分析两种方法得出的结论基本相同。最后,通过分析结果对研究区的水土流失防治提出了建议,研究结果可为东圳库区水土流失综合治理提供理论依据。

关键词:东圳库区;土地利用;水土流失特征;空间关系

中图分类号:S157

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)02-0053-04

Study on Spatial Relationship of Land Use and Water—Soil Loss in Dongzhen Watershed

HU Yuan^{1,2}, ZHA Xuan^{1,2}, HUANG Shao-yan^{1,2}

(1. Key Laboratory of Subtropical Resources and Environment, Fuzhou

350007, China; 2. College of Geography Science, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

Abstract: Based on GIS and SPSS, the Dongzhen reservoir watershed was taken as example for analyzing the relationship of land use and water and soil loss by means of Integrative Index of Soil Erosion(EI) and Principal Component Analysis(PCA). The results showed that:①the sequences of EI of land use and soil and water loss in descending were: orchard>agricultural land>unused land>rural land>pasture>forest; ②the contribution rate of sequences of PCA of land use and soil and water loss in descending were the same order as the EI of land use; ③both of the EI and PCA had came to a same outcome. Finally, several suggestions were advised to prevent soil and water loss in Dongzhen and that may provide scientific evidences.

Key words: Dongzhen watershed; land use; soil and water loss; spatial relationship

水源地作为人类最重要的饮用水资源一直受到全世界的关注。然而,不合理、过度的人类活动造成水源地水质恶化、水土流失等情况越来越严重^[1-2]。其中水土流失的发生与地形地貌、气象水文、土壤结构、土地利用等因子有着重要联系,所以开展土地利用对水土流失的影响研究对水土流失的防治和提高土地利用具有重要的现实意义和理论意义^[3]。早期对于东圳库区的相关研究甚多,如单纯对水土流失现象、林业现状的描述,后来从生态环境的角度出发

提出了东圳库区的水源地保护,也有农业应用中对果园生产模式的研究。近几年来结合模型(如 USLE 模型)和 GIS 技术的研究较多,如水土流失景观因子分析、对土壤侵蚀量预测以及三维可视化水土流失研究,但是没有对东圳库区的土地利用方式及水土流失特征空间关系的相关研究。因此,本文结合土壤侵蚀综合指数和主成分分析两种方法,对研究区的土地利用和水土流失的空间关系进行分析,揭示不同土地利用和水土流失强度的相关性,以期从另一个角度阐述

收稿日期:2011-09-23

修回日期:2011-10-22

资助项目:国家重点基础研究发展计划 973 项目(2007CB407207);福建省公益类科研院所基本科研专项项目(2010R1037-1)

作者简介:胡媛(1986—),女,江西萍乡人,在读硕士,研究方向为自然资源与环境。E-mail:huyuanfly@126.com

通信作者:查轩(1961—),男,陕西咸阳人,研究员,主要从事土壤侵蚀与水土保持生态方面的研究。E-mail:xzha@fjnu.edu.cn

东圳库区的水土流失对水源地的重要性,为东圳水库水环境规划和山地水土流失综合治理提供科学的理论依据。

1 研究背景

东圳水库地处闽东南滨海,位于莆田市木兰溪支流的延寿溪中游地带,水库流域面积 321 km²,河道长 40.5 km,总库容量 4.4 亿 m³,正常蓄水位 80.5 m,相应库容量 2.8 亿 m³,正常水位面积 17.8 km²。东圳水库是集灌溉、防洪、生活用水、工业用水及发电于一体的综合性多功能大型水库,担负着莆田市几百万居民的生活和工农业用水,特别是湄洲湾北岸工业基地发展之用,是莆田市的生命之水。

东圳库区跨越城厢、仙游两县,大部分位于常太、钟山两镇,库区海拔 60~1 000 m,地貌以低山丘陵和山间盆地为主,地形特点为马蹄形盆谷,土壤类型主要有赤红壤、红壤,库区森林覆盖率 60%~85%,植被种类繁多,以人工次生林为主,优势树种为马尾松。随着经济的发展和人口的增多,库区人地矛盾突出,近年来山地果园大面积开发,水土流失与非点源污染等生态环境问题较为严重。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源及处理

地形信息源涉及研究区域的 20 幅 1:10 000 的地形图,将其通过电脑扫描,GIS 平台处理(包括定义坐标系统、数字化等高线和高程点、格式转换、图层切割和融合等)生成研究区数字高程模型(DEM)。

土地利用信息源利用具有较高精度的法国国家旱田研究中心的 SOPT5 遥感数据(包括 1995 年、2000 年和 2007 年)。通过区域切割、几何校正、拼接库区范围、投影变换等预处理过程,以及监督分类中通过目视解译分别获取(1995 年、2000 年和 2007 年)土地利用信息。结合研究区的土地利用特征,确定研究区的土地利用类型为耕地、林地、园地、草地、水域、建设用地以及未利用地。

土壤信息源是利用第二次土壤普查资料,经过地形图类似的处理得到。

2.2 研究方法

2.2.1 土壤侵蚀综合指数 不同土地利用方式对土壤侵蚀发育的影响不同^[4-5]。引入土壤侵蚀强度综合指数对不同土地利用方式下的土壤侵蚀状况进行定量比较,能反映不同土地利用类型单元内土壤侵蚀的严重程度^[6-7]。其计算式为:

$$I_j = \sum_{i=1}^n C_i \cdot \frac{A_i}{A_j}$$

式中: j ——各种土地利用类型; i ——土壤侵蚀强度分级; n ——土壤侵蚀分级数; I_j —— j 单元土壤侵蚀强度综合指数; C_i ——第 i 级土壤侵蚀强度分级值(常量); A_i ——第 j 单元 i 级土壤侵蚀面积(hm²); A_j ——第 j 单元面积(hm²)。

根据水利部颁布的《土壤侵蚀分类分级标准—SL190296》,土壤侵蚀强度分级值一般采用如下标准:微度、轻度、中度、强度、极强度和剧烈侵蚀的分级值分别为 0,2,4,6,8,10,生成流域不同时期水土流失强度等级图,并统计水土流失等级面积。

2.2.2 主成分分析 主成分分析是设法将原来众多具有一定相关性(比如 P 个指标),重新组合成一组新的互相无关的综合指标($<P$)来代替原来的指标。在计算主成分的过程中将出现因子载荷矩阵,可以取得每个主成分的方差,即特征根,它的大小表示了对应主成分能够描述原来所有信息的多少(更多情况下是由方差贡献率来反映)^[8-9]。

主成分模型分为 4 个步骤:①将原始数据(P 个指标 n 个样品)构造样本矩阵 A ,得到 $x_j = (x_{j1}, x_{j2}, \dots, x_{jp})^T, j=1, 2, \dots, n$,对样本阵元 A_{jp} 进行标准化变换($Z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j}, i=1, 2, \dots, n; j=1, 2, \dots, p$), (其

中 $\bar{x}_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij}}{n}, S_j^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}{n-1}$) 得到标准化矩阵 Z ;

②利用 Z 通过 $R = [r_{ij}]_{p \times p} = \frac{Z^T Z}{n-1}$ (其中 $r_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n z_{ki} \cdot z_{kj}}{n-1}, i, j=1, 2, \dots, p$) 求得相关系数矩阵 R ;

③解样本相关矩阵 R 的特征方程($|R - \lambda I_p| = 0$)得 p 个特征根,获取信息利用率大于 85% 的特征根 $\lambda_j (j=1, 2, \dots)$,并解得单位特征向量 b_j^0 ;④将标准化后的指标变量通过 $U_{ij} = z_i^T b_j^0, j=1, 2, \dots, m$ 转换为综合主成分 $U_m (m=1, 2, \dots)$;⑤对 m 个主成分进行加权求和,即得最终评价值,权数为每个主成分的方差贡献率。

3 结果与分析

3.1 土地利用结构动态变化

在 ArcGIS 平台下,统计出不同土地利用的特征值(如面积)。再对土地利用的属性数据进行分析,得到 1995 年、2000 年和 2007 年的土地利用结构动态变化图。

从图 1 中可以看出,虽然库区耕地面积 1995—

2000 年在增加,但 1995—2007 年的整体水平来看是减少幅度比较大;由于人地矛盾和生态意识弱,林地面积在 1995—2000 年大幅度降低,但是随着当地政府对林地管理的加强,2000—2007 年森林覆盖又回升;园地开发尺度从整体上来讲呈上升的趋势,原因是种植果树等经济作物经济产值较高,大部分农户更愿意开垦园地;水域、建设用地和未利用地的变化不大,在正常范围内波动。

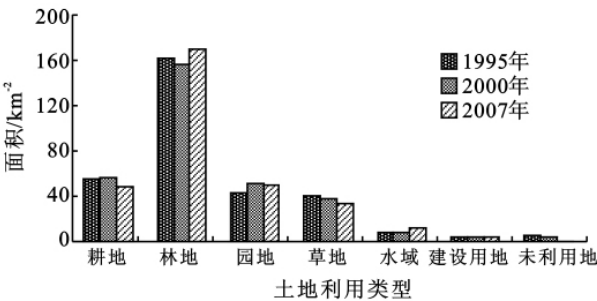


图 1 土地利用结构动态变化

3.2 水土流失动态变化

由于微度水土流失不需要人为的水土保持措施即可恢复土壤自身肥力,达到正常标准的幅度,故微度水土流失不在本文的研究范围之内。通过统计分析,得出 1995 年、2000 年和 2007 年三年的水土流失强度动态变化图(图 2)。

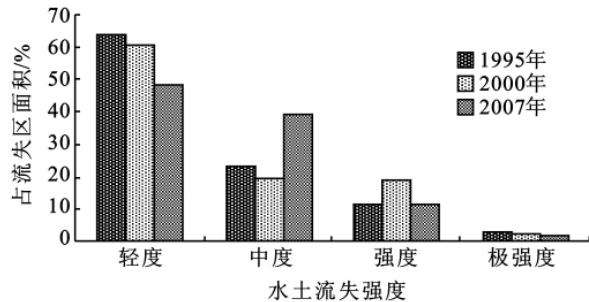


图 2 水土流失动态变化

从图 2 中可以看出,库区轻度水土流失明显下降;中度水土流失却呈大幅度上升趋势;强度水土流失在 1995—2000 年大幅度上升,但 2000—2007 年却在下降,总体保持不变;极强烈水土流失 1995—2007 年呈逐年下降的趋势。

3.3 不同土地利用与水土流失的空间关系

3.3.1 不同土地利用的土壤侵蚀强度综合指数 本文将研究区的 6 种土地利用类型和 4 个土壤侵蚀强度进行分级,通过统计的各土地利用面积和各等级土壤侵蚀面积得到研究区 1995 年、2000 年和 2007 年的不同土地利用的土壤侵蚀综合指数,并计算出研究区这三年的土壤侵蚀平均值,得到不同土地利用类型的水土流失动态变化图。

从图 3 可以看出,1995—2007 年,耕地侵蚀综合

指数明显下降,园地的侵蚀综合指数波动较大,未利用地的侵蚀综合指数明显上升,草地的侵蚀综合指数稍下降,林地和居民地基本上保持平衡。从总体上来看,土壤侵蚀综合指数从强到弱的顺序是园地>耕地>未利用地>居民地>草地>林地。

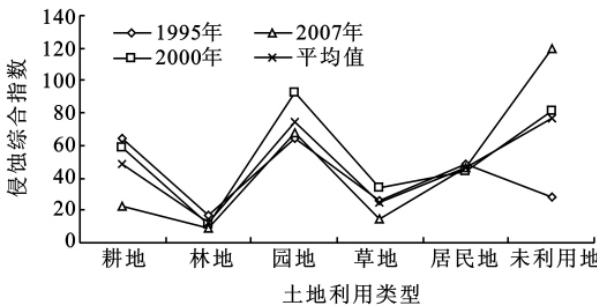


图 3 不同土地利用的水土流失动态变化

3.3.2 不同土地利用对水土流失的主成分分析 本文基于 SPSS 软件,以 1995 年、2000 年和 2007 年的《福建农村经济年鉴》和水土流失数据为样本,利用东圳库区土地利用变化对水土流失的影响做主成分分析,本文分别用 $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}$ 代替耕地、林地、园地、草地、居民地、未利用地、轻度土壤侵蚀、中度土壤侵蚀、强度土壤侵蚀、极强度土壤侵蚀 10 个项目。

为了达到降维的目的,我们只提取前几个主成分,根据累计贡献率大于 85% 的原则,由于前两个特征值累计贡献率达到 90.08%,故选取前 2 个特征值^[9]。由此用两个新变量来代替原来的 10 个变量(表 1)。得到两个主成分 Y_1, Y_2 。第一主成分 Y_1 占总方差的 69.991%, Y_2 占总方差的 20.089%,故本文以这 2 个主成分来取代 10 个项目进行研究。

表 1 特征值与方差贡献率

主成分	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
1	8.618	69.991	69.991
2	1.007	20.089	90.080
3	0.167	4.261	94.341
4	0.087	3.161	97.502
5	0.073	1.741	99.243
6	0.045	0.596	99.839
7	0.007	0.118	99.957
8	0.003	0.039	99.996
9	5.97E-04	0	100
10	1.91E-05	0	100

则根据表 2 的主成分因子负荷值可得:

$$Y_1 = -0.991x_1 - 0.392x_2 - 0.998x_3 + 0.560x_4 - 0.699x_5 + 0.934x_6 + 0.988x_7 + 0.447x_8 - 0.656x_9 - 0.799x_{10}$$

$$Y_2 = -0.610x_1 + 0.454x_2 - 0.850x_3 + 0.279x_4$$

$$+0.715x_5+0.023x_6-0.152x_7+0.895x_8+0.755x_9-0.053x_{10}$$

由以上负荷值可以看出, Y_1 在耕地、园地、未利用地、轻度水土流失和极强度水土流失有较高的载荷变量, 可见 Y_1 体现了以上因子存在一定的相关性, 即耕地、园地对轻度和极强度水土流失具有明显的相关性, 而且贡献率从大到小的顺序为: 园地 > 耕地 > 未利用地 > 居民地 > 草地 > 林地; Y_2 在园地与中度水土流失上有较高的负荷变量, 可见 Y_2 体现了园地与中度水土流失具有明显的相关性。

表 2 主成分(因子)负荷

原变量	主成分	
	Y_1	Y_2
耕地	0.991	0.610
林地	-0.392	-0.454
园地	-0.998	0.85
草地	0.560	-0.279
居民建筑用地	-0.699	0.715
未利用地	0.934	0.023
轻度	0.988	0.152
中度	0.447	-0.895
强度	0.656	0.755
极强度	0.799	-0.053

4 结论

本文结合土壤侵蚀综合指数和主成分分析法对东圳库区不同土地利用方式下的水土流失影响进行了分析, 结果表明, 研究区的水土流失和不同的土地利用方式存在一定的相关性。

(1) 从研究区不同土地利用对水土流失强度的土壤侵蚀综合指数得出, 1995—2007 年的土壤侵蚀综合指数从强到弱的顺序是园地 > 耕地 > 未利用地 > 居民地 > 草地 > 林地。

(2) 从研究区不同土地利用对水土流失强度的主成分分析得出: 主成分 Y_1 和 Y_2 在耕地、园地、未利用地、轻度、中度和极强度水土流失上有较高的载荷变量, 说明耕地、园地和未利用地与水土流失强度有一定的相关性, 且贡献率从大到小的顺序为: 园地 > 耕地 > 未利用地 > 居民地 > 草地 > 林地。

(3) 不同土地利用方式下的土壤侵蚀强度综合指

数和利用主成分分析不同土地利用方式与水土流失强度相关性得出的结论基本上相同, 大致上不同土地利用方式对水土流失的影响从强到弱排列为: 园地 > 耕地 > 未利用地 > 居民地 > 草地 > 林地。

通过以上研究表明, 土地利用方式与库区的水土流失强度是有相关性的, 特别是耕地、园地和未利用地三种土地利用方式对库区水土流失的影响最大。因此建议对库区坡面的园地采取坡改梯工程, 同时因地制宜地布设坡面水系措施, 防止汛期汇聚坡面径流加剧园地的水土流失; 而对于库区沿岸的园地, 为防止泥沙直接进入水库区, 建议在库区最高水位以上设置 3 m 以上高程的植物缓冲带作为生态拦淤措施; 对库区坡度较缓的耕地采取沟垄种植, 并加入不同作物的轮作、套种等, 延长地表作物的覆盖期, 同时结合因地制宜地布设坡面水系措施, 加大库区耕地汛期水土流失控制力度; 对库区未利用地因地制宜地采取植物措施, 恢复植被, 增加水源涵养能力, 改善水质与水环境。

参考文献:

- [1] 查轩, 张萍. 基于 GIS 的重要水源地东圳库区土壤侵蚀与景观格局分析[J]. 水土保持学报, 2007, 21(3): 43-47.
- [2] 方东阳, 周丽芳. 莆田市东圳库区水源地保护与水土保持生态建设[J]. 亚热带水土保持, 2006, 18(2): 88-91.
- [3] 郑本暖. GIS 支持下东圳库区水土流失景观因子分异研究[J]. 水土保持研究, 2008, 15(1): 107-110.
- [4] 傅世锋, 查轩. 基于 GIS 和 USLE 的东圳库区土壤侵蚀量预测研究[J]. 地球信息科学, 2008, 10(3): 390-395.
- [5] 徐劲林, 查轩. 土壤侵蚀危险度的计算与影响因子分析: 以福建安溪红壤水土流失区为例[J]. 地球信息科学, 2009(5): 577-584.
- [6] 梁音, 杨轩, 苏春丽, 等. 基于 EI 的南方红壤区土壤侵蚀县域差异与趋势分析[J]. 土壤学报, 2009, 46(1): 24-29.
- [7] 高杨, 吕宁, 薛重生, 等. 不同区域土地利用与土壤侵蚀空间关系研究[J]. 中国水土保持, 2006(1): 21-23.
- [8] 吴梅林, 王友绍, 林立, 等. 基于主成分分析研究大亚湾水质时空变化特征[J]. 海洋环境科学, 2009(3): 279-282.
- [9] 陈长青, 卞新民, 何园球, 等. 东南部红壤区生态农业模式主成分分析研究[J]. 长江流域资源与环境, 2005, 14(2): 193-197.