

基于RS和GIS的滇池流域水土流失动态监测

刘会玉,王 充,林振山,杨 浩

(南京师范大学地理科学学院,江苏 南京 210046)

[摘要] 以遥感数字影像、土地利用数据和DEM高程数据为数据源,借助ERDAS IMAGINE 9.2和ARCGIS 9.3对滇池流域1992年、2000年和2006年的水土流失的空间分布进行了动态监测.结果表明:(1)滇池流域水土流失强度呈现环形分布,水土流失较为严重的地区分布于环绕滇池沿岸的低山丘陵区 and 山区;(2)1992年~2000年滇池流域的水土流失形势恶化;(3)从2000年~2006年间,滇池流域的水土流失恶化形势得到有效遏制,说明退耕还林取得了一定的成效.

[关键词] 遥感,地理信息系统,滇池流域,水土流失,动态监测

[中图分类号] S157; TP7 [文献标志码] A [文章编号] 1001-4616(2012)02-0120-05

Dynamical Monitoring of Water Loss and Soil Erosion in Dianchi Lake Basin Based on RS and GIS

Liu Huiyu, Wang Chong, Lin Zhenshan, Yang Hao

(School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210046, China)

Abstract: The traditional method of water loss and soil erosion monitoring needs lots of field investigation, which is time-consuming and unable to satisfy the real-time monitoring request for soil erosion in watershed. In this paper, we have analyzed the spatial distribution of water loss and soil erosion in Dianchi Lake Basin based on RS and GIS technology. The results show that: (1) The distribution of water loss and soil erosion is loop-shaped. The soil erosion, stronger than moderate erosion, is mainly distributed in foothill and mountain; (2) The intensity of water loss and soil erosion has worsened from 1992 to 2000 due to the pressure from population, urbanization and ecological environment; (3) The water loss and soil erosion turn better from 2000 to 2006 as a result of returning the grain plots to forestry.

Key words: RS, GIS, Dianchi Lake Basin, water loss and soil erosion, dynamical monitoring

水土流失是限制当今人类社会生存与发展的全球性环境问题之一,严重制约着全球社会经济可持续发展.水土流失不仅引起土壤退化、土地生产力下降,还会导致江河淤积、水体污染和洪涝灾害加剧.同时,水土流失是导致生态恶化和贫困的根源^[1].滇池流域是云南省居民最密集、人类活动最频繁、经济最发达的地区,是支撑昆明国民经济建设和社会事业发展的基础^[2].滇池流域由于其独特的地形特点和降雨条件,随着人口的迅速膨胀,经济的快速发展,城市规模的急剧扩大,生态环境的急剧恶化,已成为我国水土流失较为严重的地区之一.水土流失不仅使滇池周围土壤退化,滇池水质变差,影响了人民生活质量,制约了流域区域经济发展.而且使滇池流域的生态系统遭到很大破坏^[3].因此,加强滇池流域的水土流失监测,将会为制定水土流失防治方针政策及水土保持生态环境建设提供依据,并对流域经济发展有着重要的意义^[4].

目前,对滇池流域水土流失的研究主要根据每年进入滇池泥沙量来推断流域流失土壤^[5,6],或利用野外侵蚀样方确定土壤侵蚀状况^[6],或者通过¹³⁷Cs示踪法估算滇池流域土壤侵蚀^[7,8].然而这些研究需要大量的野外调查,耗时多,无法满足流域水土流失的实时监测要求.遥感技术在获取土地植被覆盖信息方面

收稿日期: 2011-12-16.

基金项目: 国家自然科学基金项目(40901094)、国家自然科学基金重点项目(41030751)、教育部博士点新教师基金(20093207120009)、江苏高校优势学科建设工程资助项目.

通讯联系人: 刘会玉,博士,副教授,研究方向: 水土流失. E-mail: liuhuiyu@njnu.edu.cn

具有大面积、多时相、多波段、低成本的特色和信息丰富、信息周期短、实时性和动态性强等优势。同时, GIS 技术的发展使得对多要素的相关空间分析成为可能^[9]。因此, 遥感和 GIS 技术的结合为土壤侵蚀动态监测提供了广阔的空间与强大的数据支持, 更能实时动态、准确客观地反映土壤侵蚀时空动态。利用遥感和 GIS 技术对我国的土壤侵蚀状况进行动态监测已成为当前研究的热点^[10-13]。本文基于遥感与 GIS 技术, 对 TM 数据进行解译获取土地利用数据, 并结合 DEM 数字高程, 对 1992 年、2000 年和 2006 年滇池流域水土流失强度的空间分布进行动态监测, 以期对滇池流域制定水土保持防治方针以及生态环境的治理提供科学依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

滇池流域位于云贵高原中部, 东经 102°29′~103°01′, 北纬 24°29′~25°28′, 地处长江、珠江和红河三大水系分水岭地带, 流域面积 2 900 km²。整个流域处于干湿季分明的亚热带高原季风气候区, 年均气温 14.7℃, 年均降水量 1 006.5 mm, 88.99% 的雨量集中在 5~10 月, 尤其以 6~8 月的降雨量最多, 11 月至次年 4 月为旱季。滇池流域地处北回归线附近, 处于全球生态系统脆弱地区, 加上人为影响, 使这里的地带性植被由常绿阔叶林向云南松林发生次生演替, 反映了生境条件由湿性向旱性的逆向演替, 为地区性的生态脆弱带。土壤类型主要有红壤、黄棕壤、水稻土和少量紫色土。

1.2 研究方法

研究采用 1992 年、2000 年和 2006 年的滇池流域 30 m×30 m 的 TM 多光谱影像为基础数据源, 通过 ARCGIS 中的水文分析模块, 利用数字高程 DEM 数据(30 m×30 m) 做子流域分析, 提取滇池流域边界, 并以此进行掩膜, 提取滇池流域遥感影像和 DEM 高程数据。以昆明 2006 年的土地利用数据为辅助资料, 经过几何纠正、增强处理后, 确立解译标志和解译精度, 在 ERDAS 9.2 工作平台上通过人工交互式, 采用监督分类法、结合信息融合法和逻辑推理法进行解译, 得到 1992 年、2000 年和 2006 年滇池流域土地利用类型分布图。参考《水土流失分类分级标准》(SL190-96) 土壤侵蚀分类分级标准和前人的工作, 将滇池流域的水土流失强度分成 6 级(表 1), 结合 DEM 提取坡度, 获取 1992 年、2000 年和 2006 年滇池流域的水土流失分布图, 并在 ARCGIS 9.3 中进行空间叠加分析, 从中提取水土流失强度类型的面积变化数据, 进而得到水土流失的动态变化数据。

表 1 滇池流域水土流失强度分级

Table 1 Classification of water loss and soil erosion in Dianchi Lake watershed

土地利用类型代码	坡度					
	0°~5°	6°~8°	9°~15°	16°~25°	26°~35°	36°~90°
31 41 42 43 64	0	1	1	1	2	2
21 22 32	0	1	1	2	2	3
23 24 33	0	1	2	2	3	4
113 123 46 51 52 53 67	0	2	2	3	4	5
111 112 121 122 65 66	1	1	2	3	4	5

注: 水土流失分级按照《水土流失标准》分为 6 级 0~5 分别表示: 微度水土流失、轻度水土流失、中度水土流失、强度水土流失、极强度水土流失、剧烈水土流失。

土地利用类型编码及其意义: 111 水田(山地), 112 水田(丘陵), 113 水田(平原), 114 水田(坡度>25°), 121 旱地(山地), 122 旱地(丘陵), 123 旱地(平原), 124 旱地(坡度>25°), 21 有林地, 22 灌木林地, 23 疏林地, 24 其他林地, 31 高覆盖度草地, 32 中覆盖度草地, 33 低覆盖度草地, 41 河渠, 42 湖泊, 43 水库, 46 滩地, 51 城镇用地, 52 农村居民点用地, 53 公交建设用地, 64 沼泽地, 65 裸土地, 66 其他。

2 滇池流域水土流失动态监测

图 1 是滇池流域 1992 年、2000 年和 2006 年水土流失强度分布图。表 2 是 1992 年、2000 年和 2006 年滇池流域不同强度水土流失面积。从图 1 和表 2 可见, 滇池流域 1992 年、2000 年和 2006 年 3 个年份水土流失分布情况总体格局趋于一致, 主要以微度、轻度和中度水土流失为主, 分别占了各个年份水土流失总面积的 98.77%、96.7%、97.1%, 同时说明了 2000 年的强度、极强度和剧烈水土流失的面积要大于 1992

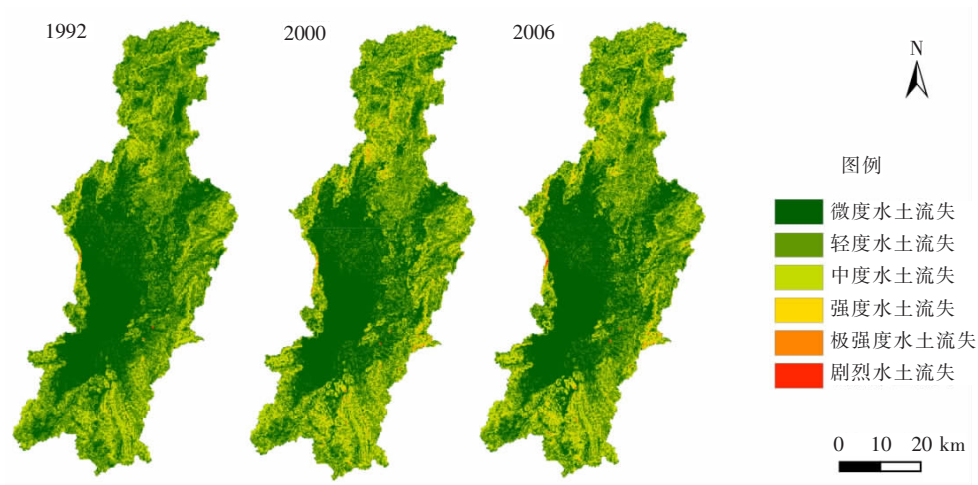


图 1 滇池流域 1992 年、2000 年、2006 年水土流失强度分布

Fig.1 Distribution of water loss and soil erosion in Dianchi Lake watershed in 1992, 2000 and 2006

年和 2006 年 ,即 2000 年的水土流失要比 1992 年和 2006 年的严重. 而各种水土流失类型在地域上的分布情况则是: 微度水土流失主要分布于滇池沿岸区域 ,而轻度、中度侵蚀和强度侵蚀等强烈水土流失类型主要分布于滇池沿岸向山区过渡的低山丘陵区 and 流域边界山区. 这与滇池流域的地形地貌有关 ,滇池沿岸为地势平坦的平坝区域 ,而沿岸外围则为平坝向山区过渡的丘陵低山区域 ,流域的分水岭边界区域多为山区 ,地形坡度越大 ,水土流失发生几率越大 ,程度越严重. 从表 2 可见 ,1992 年 ~ 2000 年 ,虽然微度和轻度水土流失面积减少了 76. 23 km² 和 122. 08 km² ,但是中度、强度、极强度和剧烈水土流失面积分别增加了 138. 46 km²、51. 69 km²、7. 62 km² 和 0. 54 km²; 说明了 1992 年 ~ 2000 年期间 ,水土流失情况加重. 而从 2000 年 ~ 2006 年间 ,尽管微度水土流失面积增加了 78. 287 km² ,然而轻度和强度水土流失却大幅减小了 67. 392 km² 和 12. 233 km² ,极强和剧烈水土流失面积变化较小 ,说明了水土流失恶化形势得到了有效遏制.

表 2 1992 年、2000 年和 2006 年滇池流域不同强度水土流失面积
Table 2 Area of water loss and soil erosion at different intensity in Dianchi Lake Basin in 1992 ,2000 and 2006 km²

	微度	轻度	中度	强度	极强	剧烈
1992	1 280. 057	1 121. 675	443. 549	32. 755	1. 740	0. 831
2000	1 203. 827	999. 600	582. 006	84. 442	9. 359	1. 373
2006	1 281. 557	932. 208	583. 391	72. 209	9. 252	1. 989

图 2 是滇池流域 1992 年 ~ 2000 年 ,2000 年 ~ 2006 年不同强度水土流失的转化. 表 3、4 分别为 1992 年 ~ 2000 年和 2000 年 ~ 2006 年不同强度水土流失的转移矩阵. 从图 2 可见 ,1992 年 ~ 2000 年水土流失向中度、轻度和强度转化明显. 并且从表 3 可见 ,尽管有 100. 38 km² 的轻度水土流失转为微度水土流失 ,然而却有 176. 63 km² 的微度水土流失转为轻度水土流失 ,并且主要分布在滇池周边 ,这是因为大棚蔬菜和花卉产业发展迅速 ,以及城市规模的不断扩大 ,使得滇池湖滨自然生态破坏严重 ,土地开垦过度 ,水土流失程度加重. 尽管有 46. 12 km² 中度水土流失转移为轻度水土流失 ,然而有 244. 50 km² 轻度水土流失转移为中度水土流失. 同时 ,强度和极强度水土流失的大幅增加主要来自中度水土流失的转移 ,说明了水土流失状况不断恶化. 并且 ,水土流失的恶化主要分布在丘陵山区. 这是因为开矿、采伐等原因 ,使得植被大面积破坏 ,水土流失不断恶化.

从 2000 年 ~ 2006 年水土流失向微度、轻度和中度转化明显 ,主要集中在滇池平坝向山区过渡的低山丘陵区 and 流域边界山区. 并且由表 4 可见 ,大概有 134. 55 km² 的轻度水土流失向微度水土流失转化 ,而只有 56. 81 km² 微度水土流失转为轻度水土流失. 尽管轻度水土流失有 128. 26 km² 转为中度水土流失 ,但是 ,138. 67 km² 的中度侵蚀转为轻度侵蚀 ,同时 ,大概 46. 11 km² 的强度水土流失转为中度水土流失 ,而中度水土流失只有 34. 33 km² 转为强度水土流失. 可见 ,从 2000 年 ~ 2006 年滇池流域水土流失有所好转. 这主要因为 1998 年以来 ,滇池流域进行退耕还林和封山育林 ,使得植被覆盖率大幅度的增加 ,从而减轻了水土流失.

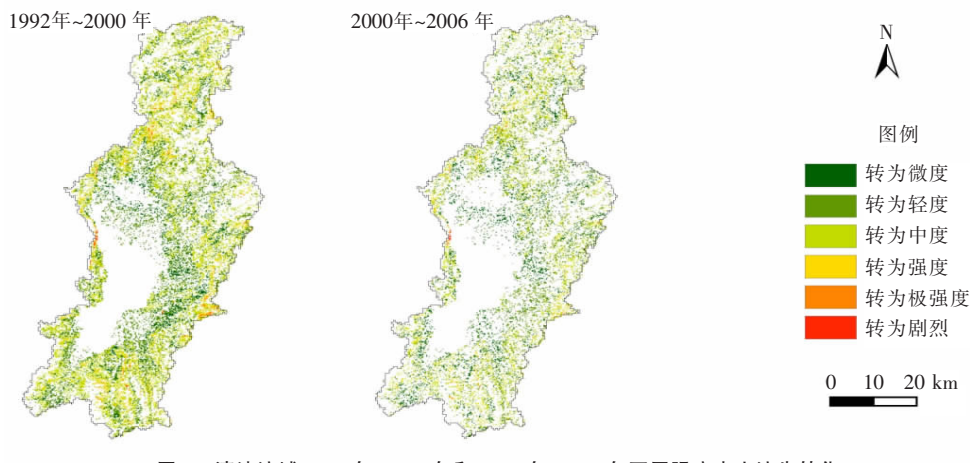


图 2 滇池流域 1992 年~2000 年和 2000 年~2006 年不同强度水土流失转化

Fig.2 Changes of water loss and soil erosion in Dianchi Lake watershed from 1992 to 2000 and from 2000 to 2006

表 3 滇池流域 1992 年~2000 年水土流失强度面积转移矩阵
Table 3 Transform matrix of water loss and soil erosion in Dianchi Lake watershed between 1992 and 2000 km²

	微度	轻度	中度	强度	极强度	剧烈
微度	1 103.46	176.63	0	0	0	0
轻度	100.38	776.86	244.50	0.01	0	0
中度	0	46.12	321.61	67.34	8.50	0.01
强度	0	0.06	14.96	16.69	0	1.04
极强度	0	0	0.88	0	0.86	0
剧烈	0	0	0.09	0.41	0	0.33

注: 横向为 1992 年 纵向为 2000 年

表 4 滇池流域 2000 年~2006 年水土流失强度面积转移矩阵
Table 4 Transform matrix of water loss and soil erosion in Dianchi Lake watershed between 2000 and 2006 km²

	微度	轻度	中度	强度	极强度	剧烈
微度	1 147.03	56.81	0	0	0	0
轻度	134.55	736.79	128.26	0.08	0	0
中度	0	138.67	404.66	34.33	4.28	0.10
强度	0	0.01	46.11	37.40	0	0.92
极强度	0	0	4.39	0	4.97	0
剧烈	0	0	0	0.41	0	0.96

注: 横向为 2000 年 纵向为 2006 年

3 结论

本文基于 RS 和 GIS 对滇池流域 1992 年、2000 年和 2006 年水土流失时空动态进行了监测,得出以下结论:

(1) 微度水土流失主要分布于滇池沿岸区域,而轻度、中度和强度等强烈水土流失类型主要分布于滇池沿岸外围向山区过渡的低山丘陵和山区.因此,滇池流域的水土流失受地形地貌的影响较大.为了进一步控制水土流失,应该考虑地形地貌的影响,对坡度较大的地区继续实行退耕还林和封山育林.

(2) 从 1992 年~2000 年,滇池流域水土流失情况不断加剧.这是因为在此期间,昆明城市化迅速,人口快速增长,工农业生产、生活、旅游等人为活动干扰滇池沿岸生态环境;同时,丘陵山区由于开矿、采伐等原因,植被大面积破坏,致使地表完全裸露,生物生产力丧失,蓄水保土能力降低,生态系统功能严重削弱甚至完全丧失.这使得滇池流域的水土流失不断恶化.

(3) 从 2000 年~2006 年,滇池流域的水土流失情况有所好转.这是因为,滇池流域自 1998 年开始实施退耕还林,通过对滇池流域大于 25 度坡耕地全部退耕还林,8~25 度坡耕地改为台地(梯田),以及现有宜林荒山工程造林等措施,重建滇池流域林业生态屏障,同时,转变经济发展模式,停止开山采石,恢复采矿业植被,制定法规制度保护林地,发展生态农业,使用沼气和沼肥,变化土地利用方式及强度等,使滇池流域水土流失形势得到有效遏制.

[参考文献]

[1] 魏兴萍. 基于 RS 和 GIS 的重庆南川区水土流失变化研究[J]. 水土保持研究 2009, 16(5): 60-65.
[2] 徐旌, 张军, 刘燕, 等. 基于 RS, GIS 的滇池流域水土流失变化研究[J]. 水土保持学报 2004, 18(2): 80-83
[3] 霍震, 李亚光. GIS 支持下滇池流域生态环境敏感性评价[J]. 林业调查规划 2009, 34(5): 12-16

- [4] 李建国, 刀红英, 张亮, 等. 滇池流域水土流失监测[J]. 水土保持研究, 2004, 11(2): 75-77.
- [5] 王红. 防护林建设对滇池流域生态环境的有利影响[J]. 云南环境科学, 1997, 16(3): 56-58.
- [6] 冯均. 滇池流域环境遥感研究[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1994: 56-66.
- [7] 张燕, 彭补拙, 陈捷. ^{137}Cs 示踪法估算滇池流域土壤侵蚀[J]. 核农学报, 2005, 19(2): 125-128.
- [8] 张明礼, 杨浩, 高明, 等. 利用 ^{137}Cs 示踪技术研究滇池流域土壤侵蚀[J]. 土壤学报, 2008, 45(6): 1017-1025.
- [9] 张喜旺, 周月敏, 李晓松, 等. 土壤侵蚀评价遥感研究进展[J]. 土壤通报, 2010, 41(4): 1010-1017.
- [10] 李婷, 于青秀, 张世熔. 基于 RS 和 GIS 的涪江流域上游地区土壤侵蚀定量估算[J]. 四川农业大学学报, 2011, 29(1): 84-88.
- [11] 周璟, 张旭东, 何丹, 等. 基于 GIS 与 RUSLE 的武陵山区小流域土壤侵蚀评价研究[J]. 长江流域资源与环境, 2011, 20(4): 468-474.
- [12] 陆建忠, 陈晓玲, 李辉, 等. 基于 GIS/RS 和 USLE 鄱阳湖流域土壤侵蚀变化[J]. 农业工程学报, 2011, 27(2): 337-344.
- [13] 李婷, 张世熔, 廖明辉, 等. 基于 3S 和 USLE 的沱江流域中游土壤侵蚀定量评价[J]. 水土保持研究, 2011, 18(1): 24-27.

[责任编辑: 丁 蓉]