

基于 GIS 和 RS 的长清区南部山区水土流失研究

刘波^①, 王培法^{①,②}, 余江峰^①, 宋拥军^{①,③}

(^① 南京大学地理信息科学系, 南京 210093; ^② 南京信息工程大学遥感学院, 南京 210044;

^③ 山东省国土测绘院, 济南 250013)

摘要:长清区南部山区是济南市地表水来源地和地下水补给区的重要组成部分, 加强水源地水土流失的监测和治理, 有利于保证济南市的用水安全。本文利用 RUSLE 模型, 应用 GIS 和 RS 技术, 对长清区南部山区进行了水土流失研究。研究发现本区水土流失程度较轻, 水土流失严重区集中在山区; 不同的土地利用类型水土流失程度不同, 荒草地水土流失最为严重; 最后根据本区存在的 4 种治理模式提出了不同的治理建议。

关键词: RUSLE; GIS; RS; 水土流失; 济南市长清区

中图分类号: TP751 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3177(2009)106-0015-05

1 引言

济南市以优质丰富的地下水闻名, 有着“泉城”的美誉, 其地处鲁中南低山丘陵与鲁西北冲积平原的交接带上, 地势南高北低。地形可分为三带: 北部临黄带, 中部山前平原带, 南部丘陵山区带, 独特的水文地质结构使济南南部山区成为济南泉水补给区。南部山区以直接和间接的方式补给地下水, 南部山区地下水直接补给区面积达 550km², 间接补给区面积为 1050km²[1]。同时南部山区地表水是济南市城市和工业的重要水源。因此南部山区对于济南市的城市发展有着举足轻重的作用。随着社会和经济的发展, 用水量急剧增加, 济南已经成为缺水城市, 若没有南部山区充足的补给, 城市供水将面临威胁。所以有必要涵养水源地, 加强南部山区的保护, 防止南部山区的水土流失, 从而加强地下水补给和增加地表水的流量。长清区南部山区为济南市南部山区的西片区, 面积占整个南部山区的一半, 本文对长清区南部山区水土流失研究, 以为水土流失防治和区域规划提供借鉴。

2 研究区概况与数据资料

长清区位于山东省中部, 东倚黄河, 距济南市区 22km, 是省城济南的近郊区。区内辖有 4 个办事处,

五镇二乡, 总面积 1178km²。南部山区包括张夏镇、万德镇、归德镇、双泉乡、马山镇、五峰山街道办事处和孝里镇, 其总面积为 926km²。长清处于 36°01′~37°32′N, 116°11′~117°44′E, 由于地处中纬度地带的山东内陆, 距渤海、黄海较远, 东面受胶东丘陵和鲁中南山区阻隔, 故呈暖温带大陆性季风气候。气候四季分明, 春季多干旱; 夏季炎热多雨; 秋季天高气爽; 冬季少雨雪。降雨多集中于 6~9 月, 且多为暴雨, 降雨侵蚀力较大, 是造成水土流失的主要原因。年平均气温 13.8℃, 年平均降水量 623.1mm。该区属暖温带落叶阔叶林带, 植被多为人工营造林、荒草地和农作物。人工营造林柏树居多, 农作物则有小麦、玉米、大豆、谷子、红薯和花生等。近年来营造了大量的苹果、桃、杏、核桃、板栗、李等干果林地。

研究区数据资料包括 1:5 万地形图、DEM、土壤类型分布图、逐月降雨数据及 2005 年 4 月 13 日的 TM 影像, 并于 2006 年 8 月份进行了野外调查。调查内容包括土地利用方式、植被覆盖、农作物种植、农田分布及管理措施, 同时进行了 GPS 测点, 以建立遥感影像解译标志。

3 RUSLE 模型及因子计算

土壤侵蚀预报模型是土壤侵蚀监测预报的核心工具, 从模型的种类来看, 可分为经验模型、数理模型、随机模型、混合模型、专家打分模型和逻辑判别

收稿日期: 2008-11-05 修订日期: 2008-11-18

基金项目: “济南市南部山区保护与发展规划”项目资助。

作者简介: 刘波(1970.11~), 男, 地图学与地理信息系统在读博士生, 主要从事地理信息系统及遥感应用研究。

E-mail: zjliubo@vip.sina.com

模型^[1]。经验模型和数理模型的研究应用较多,近几十年以经验模型的 USLE(Universal Soil Loss Equation)及其改进模型 RUSLE(Revised Universal Soil Loss Equation)在国内外得到了广泛的研究和应用,因此本文选择了 RUSLE 模型作为水土流失量计算模型。修正的通用土壤流失方程 RUSLE 表达式^[3]为:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (1)$$

式中:A 为年土壤流失量;R 为降雨侵蚀因子;K 为土壤侵蚀因子;L 为坡长因子;S 为坡度因子;C 为地表覆盖与管理因子;P 为水土保持措施因子;文中因子的计算利用 GIS 和 RS 技术来实现,具体如下所述。

3.1 R 因子计算

降雨是引起水蚀土壤侵蚀的直接因子,其直接产生雨滴溅蚀、地表水冲蚀,是土壤侵蚀过程的基础。自从 Wischmeier 和 Smith^[4]提出经典的 EI₃₀方法以来,国内外研究者对其进行了改进和简化^[5~7]。鉴于研究区资料缺乏,选择了 Wischmeier 和 Smith 提出的利用多年各月平均降雨量推求 R 值的方法,公式如下:

$$R = \sum_{i=1}^{12} 1.735 \times 10^{(1.5 \times \lg^{0.8} P_i - 0.8188)} \quad (2)$$

式中:P_i为各月平均降雨量(mm);P 为年降雨量(mm)。

3.2 K 因子计算

土壤可蚀性 K 值表示土壤被侵蚀的难易程度,是影响土壤流失量的内在因素,其数值大小由土壤本身组成决定。K 值的计算方法有 Wischmeier 诺谟图法^[3,8]及不同研究者推导的地区性的计算方法^[9]。基于卜兆宏等^[10]研究的我国主要山地土壤的可蚀性因子 K 值,王立红和秦艳红^[11]研究的济南市南部山区部分土壤的 K 值,结合收集的土壤资料,确定了研究区土壤的 K 值(表 1)。

表 1 土壤可蚀性 K 值

土壤类型	K 值	土壤类型	K 值
普通棕壤	0.0474	潮褐土	0.0476
棕壤性土	0.0493	褐土性土	0.0551
普通褐土	0.0511	普通潮土	0.0052
石灰性褐土	0.0530	湿潮土	0.0040
淋溶褐土	0.0452	半固定风沙土	0.0620

3.3 L 和 S 因子计算

长度和坡度因子 LS 综合反映了地形因素对土壤侵蚀的影响,土壤侵蚀量一般随着坡长和坡度的增大而增大。L 和 S 的计算公式如下^[3]:

$$L = (\lambda/72.6)^m \quad (3)$$

式中 L 为坡长因子; λ 为坡长;m 为坡长指数,计算公式为:

$$m = \beta / (1 + \beta) \quad (4)$$

式中 β 为细沟侵蚀和纹沟侵蚀的比值,其计算公式为:

$$\beta = (\sin\theta/0.0896) / [3.0(\sin\theta)^{0.8} + 0.56] \quad (5)$$

式中 θ 为坡度角;

坡度因子 S 的计算公式如下:

$$S = 10.8\sin\theta + 0.03 \quad S < 9\% \quad (6)$$

$$S = 16.8\sin\theta - 0.50 \quad S \geq 9\% \quad (7)$$

式中 S 为百分比坡度

由于 LS 因子野外测量获取需耗费大量的人力物力,也不便于 RUSLE 模型在大区域范围内的应用,Desmet 和 Govers^[12]、Hickey^[13]、Van Remortel 等^[14~15]利用 GIS 技术计算了 LS 因子,文中计算采用了 Van Remortel 等^[14]的方法(以下简称 Van 方法),Van 方法是将 LS 因子的计算计算机化。首先用 ArcGIS 软件对本区的 DEM 数据进行填洼,从而便可以计算坡度因子 S;接着对填洼后的 DEM 计算每个栅格的水流流向,从而计算出每个栅格的坡长,然后迭代的计算每个栅格的最长坡长。把计算出的坡长带入公式(3),计算出坡长因子 L。把坡长因子 L 和坡度因子 S 相乘即得到了 LS 因子值。GIS 技术为计算 LS 提供了快捷方便的方法。

3.4 C 因子计算

C 因子反映农作物种植和管理对土壤流失的影响,其大小由作物种植种类及轮作特点、植被覆盖度、作物残余物的管理及降雨侵蚀前期的土壤湿度等因素决定。这些影响因素与地区的土地利用和耕作特点密切相关。结合前期野外调查,采用监督分类的方法对遥感影像进行分类。在分类过程中,将 DEM 数据作为一个波段参与分类,以提高林地类别和水旱地的分类精度,最后获得水浇地、旱地、阔叶林、针叶林、灌木林、荒草地、水体、城乡工矿居民用地和裸岩地 9 种土地利用类型数据。结合研究区轮作特点、降雨和土壤侵蚀量月份分布,对每种土地利用类型的年均 C 值进行了估算(表 2)。

3.5 P 因子计算

研究区内水土保持措施主要是土地的平整和梯田的修筑。水浇地一般位于坡度较小、地块平整、交通方便的区域,地块四周有土垄。旱地则多位于坡度较大的山坡之上,多根据地形对坡地进行了梯田化,土地平整,面积不大且分散,地块四周有防止水土

流失的土垄。阔叶林大部分是果园地,一般是由旱地转化而来,具有和旱地一样的水保措施,稀疏树下套种低矮旱作作物。其他的土地覆盖类型则基本没有相应的水土保持措施。根据区内水保保持措施特点,对每类土地覆盖类型进行了 P 因子赋值(表 2)。

表 2 C 、 P 因子值

类型	C 值	P 值	类型	C 值	P 值
水浇地	0.1	0.1	荒草地	0.23	1
旱地	0.2	0.4	水体	0	0
阔叶林	0.12	0.5	裸岩地	1	1
针叶林	0.05	1	城乡工矿	0.02	1
灌木林	0.15	1	居民用地		

4 结果与分析

将各因子栅格按照模型相乘获得研究区水土流失侵蚀模数图,根据水利部土壤侵蚀分类分级标准,将研究区水土流失程度分为 6 级(图 1)。

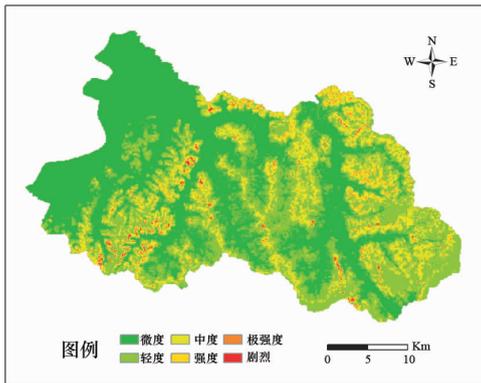


图 1 研究区水土流失强度分级图

表 4 水土流失与土地利用关系(单位: km^2)

等级	水浇地	旱地	阔叶林	针叶林	灌木林	荒草地	水体	城乡工矿居民用地	裸岩地
微度	130.80	92.79	96.71	7.71	0.43	7.68	8.72	130.74	0.86
轻度	0.22	114.81	41.51	90.07	0.23	67.21	0.00	4.66	0.56
中度	0.00	1.19	0.70	6.64	0.11	57.81	0.00	0.00	1.10
强度	0.00	0.02	0.01	0.10	0.05	35.25	0.00	0.00	1.24
极强度	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	18.66	0.00	0.00	1.96
剧烈	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.63	0.00	0.00	4.14

5 治理措施建议

本区耕地多具有良好的水保措施,阔叶林、针叶林和灌木林水土流失较轻。由于本区是土石山区,荒草地多位于山体中上部,开发难度较大,在水土流失严重的夏季其植被覆盖度在 30%~70%间,无水保持措施,因此如何把荒草地治理好是本区水土

4.1 水土流失特征分析

研究区水土流失分等级统计见表 3。从图 1 和表 3 可以看出,总体上水土流失程度轻,水土保持能力好。微度和轻度侵蚀位于平坦的山谷及平原地区,多为水浇地、居民地和交通用地区域,占区域总面积的 85.9%。中度以上强度侵蚀则位于低山丘陵的中上部,多为旱地、荒草地和林地的分布区域,仅占总面积的 14.1%。由此可以看出研究区水土流失与地形地貌特征紧密相连,低山丘陵是水土流失防治的重点区域。

表 3 水土流失统计表

等级	面积(km^2)	百分比(%)
微度	476.43	51.44
轻度	319.27	34.46
中度	67.55	7.29
强度	36.66	3.96
极强度	20.64	2.23
剧烈	5.77	0.62

4.2 水土流失与土地利用的关系

水土流失与土地利用紧密相关,探讨二者关系有利于将有限的物力和人力投入到具体的水土流失区域,尽快地减少水土流失。从表 4 可以看出,除荒草地和裸岩地外,其他土地利用类型的侵蚀等级都在微度和轻度。剧烈等级以裸岩地居多,由于裸岩地一般处于山体的中上部,水土保持措施难以实施,其所占区域面积较小,因此没有必要对其进行水土保持工程改造。荒草地则占据了轻度侵蚀以上等级的绝大部分,是本区水土流失防治的重点。

保持工作的重点。

经调查获知,本区各镇之间水土流失治理方式和力度存在明显的差别,同一镇不同村间也有明显的不同。治理方式总体有当地政府治理模式、政府引导模式、荒山地拍卖治理模式和荒山承包模式。政府治理模式主要采用组建造林队的形式来执行,区内仅万德镇有,但其规模小,治理能力有限。政府

引导模式则是对于旱地的退耕而言,多是在旱地栽种经济类树种,此模式在各镇都存在,是旱地水土流失治理较为普遍的方法,也是农民增收的来源,具体如张夏镇的杏树林、万德镇的柿子和栗子林,马山镇的樱桃和玉桃林等。荒山拍卖治理模式则是把荒山以拍卖形式对外承包,规定承包区内要进行一定的植树造林,对造林面积进行了确定。承包区内的旱地将进行种树,并对失地农民进行补偿,同时雇佣本地农民进行植树造林及承包区内的开发活动。一般承包人为旅游或房产开发商,其在改造治理当地水土流失的同时也破坏着植被。荒山承包模式一般是由村民承包村内范围内的荒山,对荒山进行治理同时收益。因为可以发动广大群众来治理,此模式应该是最为有效的模式,但由于资金和承包政策问题而得不到大范围的推广。

荒草地的治理不能采用“一刀切”的方法——全部种植树木,应根据自然条件和植被分布规律对其进行治理。对于适宜种植树木的区域,根据可能的治理模式,考虑树种的选择,生长及保土持水性能。此区域不同林种的保水性阔叶林大于针叶林,具体到树种为刺槐林大于侧柏林,侧柏林大于黑松^[17~18]。政府治理模式和荒山地拍卖模式主要考虑树种的持水性和耐旱性,应该对于山体中下部、条件较好的荒草地种植生长速度快、根系发达、落叶易腐烂的树种,本地白杨和梧桐树可以选择;对于其他适宜种树的荒地,则选择耐旱、适应能力强的刺槐、

柏树、黑松。政府引导模式应考虑树种的经济效益,能给本地农民带来增收,从而达到治理水土流失的目的,各镇都有不同的种植树种,近几年已形成一定规模的干鲜果基地。但调查发现,一方面存在滞销现象,一方面加工层次较低,收益低,这需要当地政府的努力,从而引导群众加大种植面积。荒山承包模式树种的选择应考虑经济效益,选择耐旱的干鲜果作为种植树种,如核桃,栗子、枣等,最为重要的是落实承包的优惠政策及承包年限问题。

6 结束语

通过以上研究发现:①从研究方法上来说,将GIS、RS和水土流失模型结合,可以有效的评估水土流失状况。文中除 R 因子是用经验公式得出外,其他因子的计算均采用GIS和RS技术。GIS主要用于数据的处理和空间分析,RS主要用于信息的提取,即土地利用类型的获取。②从研究结果来看,本研究区水土流失程度轻,微度和中度侵蚀占总面积的85.9%。水土流失与地形地貌特征相连,山谷和平原区水土流失程度低,山区水土流失严重;土地利用影响水土流失程度,本区以荒草地水土流失最为严重,是水土流失的重点治理区域。水土流失的治理过程不能采用“一刀切”的治理模式,应根据采用的治理模式的不同,考虑治理的方式、树种的选择。各种治理模式中应防止出现水土流失的加重和现有环境的破坏,并落实治理中存在的政策问题。

参考文献

- 1 李战华,任润涛,董咏梅,董飞.加强地下水源的保护,保护泉水常年喷涌[J].地下水,2005,27(4):227~228.
- 2 张洪江.土壤侵蚀原理[M].北京:中国林业出版社,1999:210~219.
- 3 Renard K G, Foster G R, Weesies G A, McCool D K, Yoder D C. Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)[M]. Agricultural Handbook No. 703 United States Department of Agriculture, Washington, 1997, p15.
- 4 Wischmeier W H, Smith D D. Rainfall energy and its relationship to soil loss[J]. Transactions American Geophysical Union, 1958(39):285~291.
- 5 伍育鹏,谢云,章文波.国内外降雨侵蚀力简易计算方法的比较[J].水土保持学报,2001,15(3):31~34.
- 6 兆宏,宫世俊,阮伏水,蔡士强.降雨侵蚀力因子的算法及其在土壤流失量监测中的选用[J].遥感技术与应用,1992,7(3):1~10.
- 7 章文波,谢云,刘宝元.降雨侵蚀力研究进展[J].水土保持学报,2002,16(5):43~46.
- 8 Wischmeier W H, Smith D D. Predicting Rainfall Erosion Losses, A Guide To Conservation Planning[M]. Agricultural Handbook No. 537 United States Department of Agriculture, Washington, 1978, p58.
- 9 宋阳,刘连友,严平,曹彤.土壤可蚀性研究述评[J].干旱区地理,2006,29(1):124~131.
- 10 卜兆宏,席承藩,李士鸿,等.水土流失量遥感监测的研究设想与初步进展[J].遥感技术动态,1990(4):31~37.
- 11 王立红,秦艳红.济南市地下水补给区水土流失研究[J].水土保持通报,2005,25(2):87~91.
- 12 Desmet P J J, Govers G. A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1996, 51(5):427~433.

- 13 Hickey, R. . Slope angle and slope length solutions for GIS[J]. Cartography, 2000, 29(1): 1~8.
- 14 Van Remortel, R. , M. Hamilton, R. Hickey. Estimating the LS factor for RUSLE through iterative slope length processing of DEM elevation data[J]. Cartography, 2001, 30(1): 27~35.
- 15 Van Remortel, R. , R. Maichle, R. Hickey. Computing the RUSLE LS factor through array-based slope length processing of digital elevation data using a C++ executable[J]. Computers and Geosciences, 2004, 30(9-10): 1043~1053.
- 16 水利部标准. 土壤侵蚀分类分级标准(SL190-96)[M]. 北京: 水利电力出版社, 1997.
- 17 董伟, 韩波, 王兆品, 冷鹏. 济南市南部山区几种林分涵养水源功能的研究[J]. 山东林业科技, 2006(2): 18~19.
- 18 李红云, 杨吉华, 夏江宝, 吕爱霞, 鲍玉海. 济南市南部山区森林涵养水源功能的价值评价[J]. 水土保持学报, 2004, 18(1): 89~92.

Soil and Water Loss Research in South Mountainous Area of Changqing District Based on GIS and RS

LIU Bo^①, WANG Pei-fa^{①,②}, SHE Jiang-feng^①, SONG Yong-jun^{①,③}

① *Department of Geographic Information Science, Nanjing University, Nanjing 210093;*

② *Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044;*

③ *Shandong Institute of Surveying & Mapping, Jinan 250013*

Abstract: The south mountainous area of Changqing district is one of regions that supplying surface water and groundwater of Jinan city, so it is necessary to monitor and manage the region for ensuring the water safety of Jinan city. In this paper, soil and water loss of study area was researched using the revised universal soil loss equation (RUSLE) based on geographical information system (GIS) and remote sense (RS) technologies. Intensity of soil and water loss is low on the whole, and high intensity areas are found in the mountainous area. Intensity of soil and water loss is affected by land use type, and soil and water loss of grassland type have high intensity feature. Some suggestions are given according to four management patterns.

Key words: RUSLE; GIS; RS; soil and water loss; Changqing district of Jinan city

(上接第 10 页)

- 7 Maria Zomeni, Joseph Tzanopoulos, John D. Pantis. Historical analysis of landscape change using remote sensing techniques: An explanatory tool for agricultural transformation in Greek rural areas[J]. Landscape and Urban Planning, 2008, 86(1): 38~46.
- 8 Benz, U. , Hofmann, P. , Willhauck, G. , Lingfelder, I. , Heynen, M. . Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 2004(58): 239~258.
- 9 Faur, D. , Vaduva, C. , Gavati, I. , Datcu, M. . An information theory based image processing chain for change detection in Earth Observation[A]. IWSSIP[C]. 2008: 129~132.
- 10 Chandra, B. , Paul V, P. . A robust algorithm for classification using decision trees[A]. IEEE Conference[C]. 2006: 1~5.

Segment-based Land Use Change Detection Using the Similarity of Vector

LI Xue, SHU Ning, WANG Yan

(School of Remote Sensing and Information Engineering, Wuhan University, Wuhan 430079)

Abstract: This paper proposed a complete change detection method, which uses the segments obtained from the conflation of the GIS data and remote sensing images. The mission of change detection is turned into a two categories division using the similarity of vectors—change and not change. Then, a similarity measure is constructed and the threshold is calculated by data mining. We compare the method using the similarity measure and the related coefficient. It shows that the similarity is more suitable for the change detection.

Key word: change detection; object-oriented; similarity; information gain