

基于 RS 与 GIS 的龙口市土壤侵蚀评价研究

杨圣军¹,冯凤玲²,杨雪白³,吴泉源¹

(1. 山东师范大学人口资源与环境学院,济南 250014;

2 山东电力研究院,济南 250001;3 莱州市国土资源局,烟台 261400)

摘 要:将研究区分成 100 m ×100 m 的网格,以通用土壤侵蚀方程 USLE 为模型,利用 RS 与 GIS 技术获取土壤侵蚀的各影响因子,计算出每个单元格的年均侵蚀量和侵蚀模数,最终获得龙口市的土壤侵蚀总量和侵蚀强度分级。结果表明,龙口市年均侵蚀模数为 982.5 t/(hm²·a),侵蚀强度属轻度;占龙口市总面积 63.6% 的区域为微度侵蚀,微度侵蚀对总侵蚀量的贡献率为 8.1%;而强度以上侵蚀虽然只占土地总面积的 4.7%,侵蚀量却占到总侵蚀量的 40.6%。

关键词:土壤侵蚀;遥感;地理信息系统;通用土壤侵蚀方程;龙口市

中图分类号:S157;TP79

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2007)02-0101-03

Evaluation of Soil Erosion in Longkou City Based on RS and GIS

YANG Sheng-jun¹,FENG Feng-ling²,YANG Xue-bai³,WU Quan-yuan¹

(1. College of Population, Resources and Environment, Shandong Normal University, Jinan 250014, China;

2. Shandong Electric Power Research Institute, Jinan 250002, China;

3. Department of Land and Resources of Laizhou, Yantai 261400, China)

Abstract: The area was divided into 100 m ×100 m grid. The amount of soil erosion in every grid is estimated running the model of USLE by the support of RS and GIS. Then the total amount and degree of soil erosion of this area was acquired. The result showed annual average soil erosion amount was 982.5 t/hm² and it was light degree erosion. 63.6% of Longkou city was tiny eroded area, but it only contributed 8.1% of sediment of the area, while the serious eroded area only occupied 4.7% of the area, but contributed 40.6% of the sediment.

Key words: soil erosion; RS; GIS; USLE; Longkou City

土壤侵蚀的发生和发展是侵蚀动力因素和侵蚀环境因素(如降水、土壤、地形坡度、植被覆盖和土地管理方式等)综合作用的结果,是一种复杂的人文和自然地理过程^[1]。传统的土壤侵蚀调查耗时多、周期长,也不能准确测算特定小流域及不同地理单元的侵蚀量,给水土保持规划带来不便,更无法适时定量监测水土保持效果。

遥感(RS)和地理信息系统(GIS)是进行区域侵蚀研究的重要手段^[2]。遥感影像可以记录土壤侵蚀发生过程中植被覆盖度和土地利用的改变等特殊的侵蚀退化标志;GIS具有强大的信息处理能力,可以对大量的遥感数据和非遥感数据进行空间分析处理。应用RS与GIS技术相结合能够准确、快速地获取大范围区域植被覆盖和土地利用的信息,从而得到土壤侵蚀强度的空间分布状况,为流域水土保持规划提供决策依据^[3]。

1 研究区概况

龙口市位于胶东半岛西北部,西部、北部濒临渤海湾,东西相距 46.08 km,南北延伸 37.43 km,总面积 893.82 km²。地势东南高,西北低;南部为低山丘陵区,占全市总面积的 42.5%;北部为平原区,占总面积的 56.9%。龙口市属于暖

温带半湿润季风型气候,降水量年际变化大,多年平均降水量为 590.4 mm,且主要集中在夏季,占全年降水量的 72.7%,降雨集中容易导致土壤侵蚀。市内共有大小 23 条河流,主要河流有黄水河、中村河、北马河和八里沙河等,河流多发源于南部低山丘陵区,向北或向西注入渤海。

龙口市靠近山东省两大土壤侵蚀中心之一的鲁东半岛丘陵区侵蚀中心,土壤侵蚀一直较为严重,近年来随着经济发展和矿产资源的大量开采导致土壤侵蚀有进一步加剧的趋势,有必要对龙口市土壤侵蚀发生的现状进行调查,并采取相应的水土保持规划治理措施,以便减少土壤侵蚀的发生。

2 技术路线与研究方法

基于GIS和RS的土壤侵蚀评价方法是以土壤侵蚀定量评价模型USLE为核心,将RS与GIS相结合,利用GIS强大的空间数据组织分析运算能力,将研究区分成无数个100 m ×100 m的网格,获取单元网格内土壤侵蚀的各影响因子信息。经过各因子算式及监测模型的运算,逐个计算出各单元网格的年均侵蚀量和侵蚀模数,最终获得龙口市的土壤侵蚀总量和侵蚀程度分级。

* 收稿日期:2006-04-26

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40271001)

作者简介:杨圣军(1981-),男,山东日照人,在读硕士研究生,主要从事资源开发与3S技术应用研究。

通用土壤侵蚀方程^[4] (USLE) 是 20 世纪 60 年代 Wischmeier 等在土壤侵蚀理论及大量实地观测数据统计分析基础上提出的,已成为目前土壤侵蚀量估算中应用最为广泛的定量评价模型。RUSLE 模型表达式为:

$$A = R \times K \times L \times S \times C \times P \tag{1}$$

式中: A ——年平均土壤流失量[t/(hm²·a)]; R ——降雨及径流因子[MJ·mm/(hm²·h·a)]; K ——土壤可蚀性因子[t·hm²·h/(hm²·MJ·mm)]; L ——坡长因子; S ——坡度因子; C ——植被与经营管理因子; P ——水土保持措施因子。

3 评价因子遥感信息提取

3.1 R 因子的估算

降雨及径流因子 R 是一项评价降雨引起的土壤分离和搬运的动力指标。

由于气象站详尽降雨时序的雨量和雨强资料难以获得,难以采用经典算法计算降雨侵蚀力因子,故本研究采用 Fournier 指数法^[5]来计算降雨侵蚀力因子值。用研究区的月降雨和年降雨资料来估算修正的 Fournier 指数(MFI),然后再通过一个广泛适用于不同地区的 R 因子算式来计算 R 值:

$$MFI = Pi^2 / P \tag{2}$$

式中: Pi ——月降水量(mm); P ——年降水量(mm)。

然后建立 R 与该指数的关系为:

$$R = a \cdot MFI + b$$

式中:a 与 b 的值取决于气候条件。依据研究地区气候条件与其它地区的类比分析,a 及 b 的值分别取 4.17 和 -152。推导 R 因子的算式为:

$$R = (4.17 \times MFI) - 152 \tag{3}$$

计算每个气象站点的 R 值后,根据站点的空间分布,使用反距离权重插值函数来进行插值求出每个单元格的 R 值。

表 1 不同土壤类型的 K 值

土壤类型	有机质含量/%	质地	K 值
非石灰性滨海潮土	1.17	沙质壤土	0.24
潮棕壤	0.87	沙质壤土	0.25
棕壤	0.83	粘壤土	0.26
棕壤性土	0.73	沙质粘壤土	0.25
淋溶褐土	1.09	壤质粘土	0.21
石灰性褐土	1.01	沙质壤土	0.24
酸性粗骨土	0.68	壤质沙土	0.10

3.2 K 值的估算

土壤可蚀性因子 K 值是一项评价土壤被降雨侵蚀力分离、冲蚀和搬运难易程度的指标。对 K 值的计算主要有 Wischmeier 诺模图法^[5]、Romkens 公式计算法^[6]和柯克比查表法^[7]等,本研究利用查图表法计算 K 因子值。查图表法是根据土壤剖面表层的粉砂粒(0.05~0.002 mm)和黏粒(<0.002 mm)含量,查相应的土壤质地三角图,得到土壤质地名称,然后依据此名称和其有机质含量查有关 K 值表格,得出该土壤剖面的 K 值。

龙口市土壤分布呈带状特点,从丘陵坡麓到山前平原,依次呈现棕壤性土—棕壤—潮棕壤—非石灰性滨海潮土的土壤组合,局部有褐土或石灰性褐土分布,山地分布有酸性粗骨土^[8]。查表得到不同类型土壤的 K 值(见表 1),根据龙口市的土壤分布进而得到 K 值图。

3.3 L, S 因子的估算

坡度和坡长因子是评价地形地貌特征对土壤侵蚀影响程度的指标。根据改进的坡长因子法^[9]和坡度因子算法^[10]来计算。

$$L = (l/22.13)^m \tag{4}$$

式中:L ——坡长因子;l ——坡长,m ——坡长指数。当坡度 9%,m=0.5;当 3%<坡度<9%,m=0.4;当 1%<坡度<3%,m=0.3;当坡度<1%,m=0.2

$$S = 10.8 \sin \alpha + 0.03 \quad < 9\% \quad S = 16.8 \sin \alpha - 0.5 \quad 9\% \tag{5}$$

L, S 因子的提取^[11]是以 DEM 为基础来计算每一单元格的坡度和坡长。在 erdas 的 Topographic Analysis 模块中对 DEM 作坡度分析和坡向分析,可以直接得到单元格的坡度和坡向,再利用临域分析和空间分析得到坡长,即可根据上式求出每个单元格的 L, S 因子值。

3.4 C 因子的确定

植被覆盖因子 C 作为土壤侵蚀的抑制因子,是影响水土流失的重要因素之一,也是受人为影响最大的因子;主要反映了土地利用类型和植被覆盖度对土壤流失量的影响,可以根据土地利用类型和植被覆盖度求得。

在遥感图像上用目视解译的方法将土地利用类型分为:居民地、工矿用地、水体、耕地、园地、林地、疏林地、未利用地和裸岩等 9 种。

植被覆盖度^[3]是指植被冠层的垂直投影面积与土地面积之比。植被覆盖度的估算是在对光谱信号进行分析的基础上,通过建立植被指数和植被覆盖度的转换关系来直接估算植被覆盖度。本文中采用的是 Gutman 提出的一种根据归一化差值植被指数(NDVI)来计算植被覆盖度的方法。

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \tag{6}$$

在 TM 影像中 TM4 (0.76~0.90μm)对应于近红外波段 NIR, TM3 (0.63~0.69μm)对应于红波段 R。

将各样点的实地调查的植被覆盖度与 NDVI 进行对比,得出其拟合曲线,建立植被覆盖度与 NDVI 间的关系式,用于推算植被覆盖度。

表 2 不同植被类型和覆盖度的 C 值

样点类型	0	20	40	60	80	95+
无明显冠层	0.45	0.20	0.10	0.042	0.013	0.003
高草丛、矮灌丛	0.26	0.13	0.07	0.035	0.012	0.003
灌木(200 cm)	0.36	0.17	0.09	0.038	0.013	0.003
树木(400 cm)	0.42	0.19	0.10	0.041	0.013	0.003

$$Y = 0.0047x - 0.1355 \tag{7}$$

式中:Y ——NDVI 值;x ——植被覆盖度。

根据土地利用类型和植被覆盖度查 C 值表(见表 2)得出 C 值。居民地、水体的 C 值取为 0,耕地、工矿用地、未利用地和裸岩按无明显冠层求算,果园地按灌木求算,林地、疏林地按树木求算,未成林林地和未成林园地按灌木求算。

3.5 P 因子的确定

水土保持措施因子是采取水保措施后,土壤流失量与顺坡种植时的土壤流失量的比值。P 取值范围 0~1,0 值代表采取水保措施后无侵蚀地区,1 值则用于表示未采取任何水保措施的地区。通常,自然植被和坡耕地的 P 值为 1,农耕梯田为 0.3。

通过在遥感图像中判读出的不同区域的水保措施,赋予不同的 P 值。进而得到各单元格 P 值。

4 结果与讨论

RUSLE 方程实际上就是将所有因子相乘从而获得土壤流失量。将按上式计算或赋值后储存的因子值图,利用 Arc/info 软件的空间分析模块,执行叠置功能,将各因子连乘,可以得到每个单元格的土壤流失量。进而计算出每个单元格的土壤侵蚀模数,根据水利部颁布的《土壤侵蚀分类分级标准》(SL190-96)对土壤侵蚀强度进行分级。

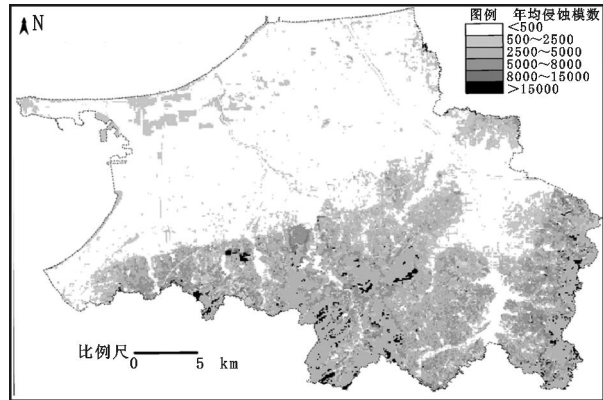


图 1 龙口市土壤侵蚀程度图

4.1 土壤侵蚀强度等级分析

表 3 土壤侵蚀强度评价结果

侵蚀等级	分级标准 t/(hm ² ·a ⁻¹)	面积 /hm ²	所占 比例/%	侵蚀模数 t/(hm ² ·a ⁻¹)	侵蚀总量/t	所占 比例/%
微 度	<500	56830	63.6	125.6	71378.5	8.1
轻 度	500~2500	21136	23.7	1024.7	216580.6	24.7
中 度	2500~5000	7175	8.0	3216.4	234005.4	26.6
强 度	5000~8000	2830	3.2	6017.3	170289.6	19.4
极强度	8000~15000	835	0.9	9487.5	79220.6	9.0
剧 烈	>15000	576	0.6	18520.1	106675.8	12.2
合 计		89382	100	982.5	878150.5	100

龙口市以微度侵蚀的土地所占比例最大,占土地总面积

参考文献:

[1] 罗志军,刘耀林,贾泽露. 基于 RS 和 GIS 的小流域土壤侵蚀量估算研究[J]. 华中师范大学学报(自然科学版) 2005,39(2):269-272.

[2] 赵善伦,伊民,张伟. GIS 支持下的山东省土壤侵蚀空间特征分析[J]. 地理科学, 2002,22(6):694-698.

[3] 谭炳香,李增元,王彦辉,等. 基于遥感数据的流域土壤侵蚀强度快速估测方法[J]. 遥感技术与应用,2005,20(2):215-220.

[4] Wischmeier W H. A soil Erodibility Nomograph Farm land and Construction Sites[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1971,26:189-193.

[5] Wischmeier W H, Smith D D. Rain fall energy and its relationship to soil loss[J]. Transactions American Geophysical Union, 1958,39:285-291.

[6] Romkens M J M, Prasad S, N Poesen J M, A Soil erodibility and properties[A]. In: Transactions of the XIII Congress of the International Society of Soil Science [C]. Hamburg, 1986.

[7] 柯克比·MJ,摩根·RPC. 土壤侵蚀[M]. 王礼先,吴斌,洪惜英,等译. 北京:水利电力出版社,1987.

[8] 山东省土壤肥料工作站 山东土壤[M]. 北京:中国农业出版社,1994. 55.

[9] M cCool D K. Revised slope length factor for the universal soil loss equation[J]. Transactions of the Am Soc of Agric Engrs, 1989,32(5):1570-1576.

[10] Nearing M A. A single continuous function for slope steepness influence on soil loss[J]. Soil Science Society of America Journal,1997,61(3):917-919.

[11] 钟霞,薛重生. 基于栅格模块地形因子提取及其水土流失评价中的应用——以湖北省房县水土流失评价为例[J]. 水土保持研究,2004,11(1):92-94.

的 63.6%,有明显侵蚀的比例合计为 36.4%。有明显侵蚀的土地侵蚀程度又以轻度、中度为主,极强度和剧烈侵蚀所占比例仅为 1.5%。龙口市年侵蚀总量为 878 150.5 t/a,其中微度侵蚀等级的侵蚀量占 8.1%,而强度以上侵蚀虽然只占土地总面积的 4.7%,侵蚀量却占到总侵蚀量的 40.6%。龙口市年均侵蚀模数是 982.5 t/(hm²·a),属于轻度侵蚀区。

4.2 土壤侵蚀原因分析

表 4 不同土壤侵蚀类型对比

侵蚀类型	面积 /hm ²	所占 比例	平均侵蚀模数	侵蚀量/t	所占 比例
水力侵蚀	29704	91.2	2404.3	714180.1	88.5
风力侵蚀	1645	5.1	1347.9	22173.0	2.8
工程侵蚀	1203	3.7	5853.6	70418.9	8.7

龙口市土壤侵蚀类型主要有水力侵蚀、风力侵蚀、工程侵蚀 3 种类型(见表 4)。龙口市土壤侵蚀以水力侵蚀为主,侵蚀面积和侵蚀量都占总量的 85%以上。风力侵蚀面积较小,只是在沿海地带零布,年均侵蚀模数 1 347.9 t/(hm²·a),为 3 种侵蚀中最小。工程侵蚀主要是由于沿海煤矿和南部山区金矿开采导致的,面积也较小,但是其侵蚀模数却高达 5 853.6 t/(hm²·a)。

4.3 水土保持措施

对不同土地利用类型的土壤侵蚀模数进行对比分析,可以发现工矿用地、未利用地和裸岩是侵蚀程度最为严重的类型,而坡度>15°的坡耕地土壤侵蚀程度也相当严重,这些地区也是水土保持规划的重点区,应采取相应的水保措施来进行治理。对坡度>15°的坡耕地应该进行退耕还林,不宜还林的地区也要进行坡改梯整治,这样可以大大减少土壤侵蚀量;对未利用地和裸岩应该尽量进行植树种草,以便增加植被覆盖度,可以起到减少土壤侵蚀的作用;开采矿产资源导致的破坏植被和荒弃地是龙口市近年土壤侵蚀加剧的主要原因,需要特别重视,对矿产资源的开采应该谨慎审批,加强开采过程中的管理和开采后废弃地的植被恢复。