

玛纳斯河流域水土流失格局及其空间结构分析

钟强

新疆玛纳斯河流域管理局

DOI:10.32629/hwr.v4i1.2703

[摘要] 玛纳斯河流域水土流失以微度为主,占区域面积的 77.62%,强度水土流失呈斑点离散分布;土地利用对土壤侵蚀具有显著意义,水土流失量与旱地、园地、裸地和建设用地结构比呈正相关,与草地、林地呈负相关关系。Moran's I 表明,微度水土流失区空间自相关性好、结构性稳定,应是区域水土流失防控法重点。

[关键词] 水土流失; GIS; 水土流失方程; 空间结构

1 材料与方法

1.1 研究区概况

本文以新疆准格尔盆地南部玛纳斯流域研究区。该流域发源于天山南麓,由冰川积雪融水汇流而成,其地理坐标介于85° 01'~86° 32' E, 43° 27'~45° 21' N,为新疆中部地区最大的湿地分布区。域内属天山、山前冲积扇和平原地形,高程介于300~5560m之间,地貌形态一致性较好。由于身居大陆中心,常年受西伯利亚高压控制,形成了温带大陆性干旱气候,夏季短促炎热、冬季寒冷漫长,年平均气温7.62℃,区域年均降水量100~235mm,蒸发量高达1600mm,气候干燥、环境恶劣。流域土壤以沼泽土、荒漠土为主,表层土壤疏松,植被覆盖程度低,水土保持能力较差,常于5~8月时随着降水和融水增多发生水土流失。

1.2 数据来源

遥感数据采用为TM8卫星影像OLI的数据,该数据的可见光波段分辨率为30m,全色波段达15m,经波段融合后光谱、影像特征得以丰富,能够满足地表信息提取精度需求。DEM数据为美国联邦地质局提供GEODEN,其分辨率达到30m,为保持空间信息的统一,将其与遥感数据重采样为15m。计算水土流失量须先提取区域可侵蚀性因子,该因子是土壤质地与降雨强度的复合函数,以南京土壤研究所绘制的专题土壤图和基本图件进行矢量化处理,降水强度则通过区域历史降水量进行计算,其计算过程参考文献。

1.3 通用水土流失方程

1.3.1 RUSLE水土流失方程

通用水土流失方程(Revised universal soil loss equation, RUSLE)是美国科学家们通过研究水土动力循环、植被涵养、土壤质地、地形效应等经长时间实践积累建立区域水土流失量计算公式,其将水土流失视作坡度、坡长、植被、降水强度等环境因子的函数,公式如下:

$$RUSLE = RKLSCP$$

式中RUSLE为年土壤流失量,单位为t/(hm²·a);R为降雨侵蚀力因子表征降水强度对水土流失的影响,单位为MJ·mm/(hm²·h·a);不同土壤其质地不同,降水强度对其侵蚀力具有一定差异,以K描述土壤可蚀性,单位为t·hm²·h/(hm²·MJ·mm),L、S、C、P依次表示坡长、坡度、植被、水土保持措施等客观因素。

地形因子是土壤侵蚀的客观因素,依据公式可知坡度、坡长越大,水土流失越强烈。坡度因子的提取可直接应用ArcGIS 10.3中Spatial Analysis模块的surface功能,以DEM数据为底图进行提取,坡长的计算则借助栅格计算器完成,如下:

$$L = (\lambda / 22.13)^M$$

式中θ为坡度值,单位为°,M为坡长指数,通常取0.5,S、L分别为坡

度、坡长因子。LS为坡度坡长因子的组合,计算表明区域LS的取值为0~8.23。

地表可侵蚀性反映了自然状态下土壤侵蚀强弱,通常疏松的地表环境水土流失越剧烈。学者提出的,地表可侵蚀性因子公式如下:

$$R = \sum_{i=1}^{12} (-2.6397 + 0.3045 p_i)$$

式中:i=1,2,...,12,表示月份,P_i为月降雨总,mm;R为降雨侵蚀力因子,其值越大,表明降雨强度越大,对地表侵蚀作用越大。植被通过地上截留、汇聚和地下固结作用减弱水土流失,其与水土流失量呈反比,可通过ENVI5.3软件的bndmath工具进行波段计算提取。

1.4 空间结构分析

水土流失强弱等级在不同空间位置呈现聚集性特征,由于这种相关性体系在二维空间,故应用科技统计函数Moran's I表达:

$$Moran's I = \frac{n}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} * \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

式中:n为变量样本数量;x_i、x_j为变量x在邻近配对位置i和j处的实测值, $\bar{x}$ 为变量x的平均值,w_{ij}为空间权重函数,Moran's I为空间自相关性的度量,Moran's I绝对值越大,表明自相关性越强。

1.5 软件平台

遥感数据处理和波段计算、植被因子提取在ENVI5.3平台上完成,地形因子、可侵蚀性因子等和取样水体流失空间分布图的制作在ArcGIS10.3平台上进行;水土流失格局的空间自相关性和分形维数分析在GS+9.0平台上操作。

2 结果与分析

2.1 玛纳斯河流域水土流失空间格局

依据玛纳斯河流域典型地类特征结合魏本赞等学者的研究结果,将该流域土地利用类型划分为水域、林地、草地、裸地、建设用地、果园、旱地等7个类别,基于OLI影响进行面向对象分类提取。可知玛纳斯河流域用地类型呈交错分布,各类别呈斑块状、分布离散。其中水域呈现状、带状延伸;旱地呈块状;林地分布集中性较好,呈团状。统计显示,本区用地类型以林地、水域占优,其分别占全域面积的36.01%、25.88%,达708.97、509.67km²。其次是旱地,主要分布于流域东南部,面积达342.31km²,其结构比为17.38%。建设用地以居民点、道路交通、工矿为主,达243.57km²,占

12.37%; 区域草地较少, 仅为128.57km², 占总面积的6.53%。流域整体裸地较少, 仅为16.602km², 占0.84%。

2.2 玛纳斯河流域水土流失与土地利用类型的关系

土地利用类型决定着土壤质地、植被覆盖度、人为活动影响程度, 相关研究表明其是水土流失的重要影响因子。玛纳斯河流域用地类型错综复杂, 一定程度上影响着水土流失强度的空间不均衡。将各土地利用类型面积与其水土流失量进行回归分析, 得出二者之间的关系模型:

$$y = 2215.42x_1 + 587.13x_2 + 324.56x_3 + 108.24x_4 - 1245.05x_5 - 64.21x_6 - 37.84x_7$$

式中y为水土流失量($t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$), x_1 、 x_2 、 x_3 、 x_4 分别为旱地、园地、建设用地和裸地地类, 其决定系数为正, 表明其对水土流失呈正效应, 是区域土壤侵蚀的主要防控地类; 而 x_5 、 x_6 和 x_7 分别代表林地、草地和水域, 其决定系数为赋值, 与水土流量之间负相关关系, 表明这些用地类型可以抑制水土流失。

土地利用结构通过景观组合效应对水土流失产生影响, 以各单元内用地类型结构比与土壤侵蚀量的线性关系建模。可知, 玛纳斯河流域范围内各单元侵蚀模数范围介于69.84($t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$)到1277.94($t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$), 变幅达1175.56($t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$)。从图中不同用地类型的散点可以看出, 随着用地类型结构的增加, 水土流失量变化趋势各异。其中水土流失量与裸地的关系为($y = 1212.6x + 136.68$, $R^2 = 0.738$), 在0.01水平上达到显著性; 与建设用地的关系表现为($y = 730.47x + 435.11$, $R^2 = 0.2278$), 通过了0.05水平信度检验; 随着园地类型结构比增加, 水土流失量以($y = 930.01x + 109.5$)的形式变化。由此表明这些用地类型的增加将导致水土流失的加剧, 其中裸地的决定系数最大, 其侵蚀模数达到1212.6($t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$), 应予以重点防控。而水域结构比与水土流失的关系表现为 $y = 125.68x + 254.64$, $R^2 = 0.0177$, 并未通过5%水平信度检验, 表明二者间的关系不显著。相对而言, 随着草地、林地用地结构增加, 水土流失以($y = 125.68x + 254.64$, $R^2 = 0.0177$)和($y = -964.01x + 712.6$, $R^2 = 0.7221$)形式变化, 表明这些用地结构的升高有利于控制水土流失, 减弱土壤侵蚀。

2.3 玛纳斯河流域水土流失空间结构分析

通过研究玛纳斯河流域不同水土流失强度Moran's I散点图。其初始

值为全局Moran's I, 将其进行标准化处理后得到Z值均大于1.96的临界值, 表明其空间分布具有良好的自相关性。可知, 剧烈水土流失区的全局Moran's I值最大, 为0.317, 表明其聚集性良好, 结合图2来看, 剧烈水土流失区呈点状分布, 被其他弱级水土流失区包围; 这种聚集性表明临近剧烈水土流失区的范围其土壤侵蚀程度可能加剧。微度水土流失区的全局Moran's I值最小, 为0.255, 表明其在空间上连续性较好, 具有良好的结构性规律。各散点图变化趋势显示, 随着滞后距离增加其局部Moran's I逐渐减小, 于10km处由正相关演变为负相关, 表明其相关性距离为10km, 在此范围内不同水土流失强度等级具有空间关联性。

3 结论

基于遥感资料和GIS技术, 运用水土流失通用方程定量提取了玛纳斯河流域水土流失信息。结果表明不同土地利用类型下水土流失强度存在差异, 流域水土流失量介于69.84~1277.94($t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$)。旱地、园地、建设用地、裸地等用地类型结构比与水土流失量之间具有显著正相关关系, 而草地、林地等类型的结构比有利于抑制水土流失量, 水域用地结构比水土流失量的关系尚不明确, 这对于区域水土保持和生态规划具有指导意义。空间自相关分析表明, 剧烈水土流失区呈明显的独立性分布, 表明局部人为因素是加剧土壤侵蚀的主要原因, 微度水土流失区分布范围广、结构性稳定, 表明改善区域自然因素有利于从整体上防控水土流失。

[参考文献]

- [1]周宁, 李超, 满秀玲. 基于GIS的黑龙江省拉林河流域土壤侵蚀空间特征分析[J]. 水土保持研究, 2014, 21(6): 10-15.
- [2]李奎, 岳大鹏, 刘鹏, 等. 基于GIS与RUSLE的榆林市土壤侵蚀空间分布研究[J]. 水土保持通报, 2014, 34(6): 172-178.
- [3]陆传豪, 代富强, 刘刚才. 基于GIS和RUSLE模型的万州区土壤保持服务功能空间分布特征[J]. 长江流域资源与环境, 2017, 26(8): 1228-1236.

作者简介:

钟强(1982--), 男, 新疆乌鲁木齐人, 汉族, 本科, 中级工程师, 从事水利工程管理、地下水资源管理、水土保持管理研究。