

中国地形起伏度的提取及在水土流失定量评价中的应用

刘新华¹, 杨勤科¹, 汤国安²

(1. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北大学 城市与资源学系, 陕西 西安 710069)

摘要: 基于全国 1:100 万的栅格数字高程模型 (DEM) 数据, 在 ARC/INFO 的 GRID 模块支持下, 利用窗口分析方法, 经过采样统计, 确定中国水土流失地形起伏度的最佳分析窗口大小为 5 km × 5 km; 基于 5 km × 5 km 的分析窗口, 提取了中国水土流失地形起伏度, 完成了中国水土流失地形起伏度制图; 最后对中国水土流失地形起伏度进行了适用性分析, 并将其初步应用于中国潜在水土流失评价。

关键词: 中国; 水土流失; 地形起伏度; 提取; 应用

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2001)01-0057-03

中图分类号: p283.7

Extraction and Application of Relief of China Based on DEM and GIS Method

LIU Xin-hua¹, YANG Qin-ke¹, TANG Guo-an²

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling District 712100, Shaanxi Province, PRC; 2. Department of Urban and Resources Sciences, Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi Province, PRC)

Abstract Based on micro-scale DEM datum, optimum size of analysis windows of relief, which is 5 km × 5 km, is defined by means of windows analysis and sample statistical method. Relief in soil erosion of China has been extracted using ARC/INFO software and mapped using Arcview. Applicability of relief was analyzed and initially application of relief factor in assessment of Chinese potential soil and water loss is studied.

Keywords China; soil and water conservation; relief; extraction; application

水土流失是影响我国社会经济发展的一个重要限制性因素。水土保持和生态建设日益受到党和国家的重视, 水土保持工作已由小流域治理转向较大区域的集中连片治理。这种治理方式下的水土保持和生态建设决策, 对区域水土流失现状、动态趋势和水土保持效益等数据有着连续的需求^[1]。对多种空间尺度上地形因子的选择、提取和应用, 是区域水土流失评价的重要基础性工作。

地形的起伏是导致水土流失的最直接因素, 在大比例尺 (坡面尺度) 研究中, 坡度将是最主要的指标^[2,3]。但是在区域性研究中, 尤其是面对全国水土流失研究时, 随着地形信息载体 (地形图、DEM) 比例尺或分辨率的减小, 坡度将只有数学意义而不具备土壤侵蚀和地貌学意义^[4]。我国地域广大, 地貌类型复杂多变, 确定一个在全国范围内适用的水土流失评价的地形指标, 是一项很有意义的工作。随着空间信息技术在水土保持中的广泛应用^[5], 利用数字高程模型 (Digital Elevation Model 简称 DEM) 作为基本信息源, 实现对全国水土流失地形起伏度的提取将是一种快速有效的方法。

1 基本信息源

此项研究是为中国水土流失宏观分析与趋势预测模型提供地形因子指标, 需要全国范围内的数据支持。因此我们收集了国家基础地理信息中心 1:100 万地形数据库中数字高程模型作为中国水土流失地形起伏度提取的基本信息源。

全国 1:100 万数字高程模型利用了全国 8740 幅 1:5 万和 386 幅 1:10 万地形图, 按照 28.125" × 18.750" (经差 × 纬差) 的格网间隔 (表 1), 采集格网交叉点的高程值, 经过查错修改、编辑处理而成。原始数据的高程允许最大读数误差为 10~20 m。经过分析, 全国 1:100 万的数字高程模型符合区域水土流失地形因子分析的精度要求, 能够满足中国水土流失地形起伏度指标提取的需要。

表 1 格网间距

经纬网		方格网 /m	
经 差	纬 差	东 西	南 北
28.125"	18.750"	547~835	561~566

收稿日期: 2001-01-09

资助项目: 中国科学院知识创新研究项目: “区域水土流失分析与评价” (99-01-05); 国家自然科学基金 (49971065)

作者简介: 刘新华 (1975-), 女 (汉族), 硕士研究生, 主要从事水土流失遥感监测与评价、DEM 应用研究。电话 (029) 7012482, E-mail: Qkyang@ms.iswc.ac.cn

2 地形起伏度的提取

地形起伏度是指地面一定距离范围内最大的高程差,其实质仍是坡度概念的一个延伸,可以作为区域水土流失评价的地形指标^[6]。

2.1 数字高程模型 (DEM) 预处理

在进行处理运算前,首先对数据进行预处理,即对图形进行投影变换和重采样。投影方式采用 ALBERS 等积圆锥投影;原始 DEM 是按照 $28.125'' \times 18.750''$ (经差 \times 纬差) 的间隔采集的,换算成平面坐标系后,像元形状为梯形,通过重采样,选择 $1000\text{ m} \times 1000\text{ m}$ 的网格,把像元形状由梯形转换成矩形。

2.2 地形起伏度提取的窗口分析法

在本次研究中,地形起伏度的提取是在 ARC/INFO 的 GRID 模块支持下,利用 GIS 中的窗口分析法来实现的。

2.2.1 窗口分析法 窗口分析是栅格数据分析的一种基本方法,指对于栅格数据系统中的一个、多个栅格点或全部数据,开辟一个有固定分析半径的窗口,并在该窗口内进行诸如极值、差值、均值等一系列统计计算,或与其它层面的信息进行必要的复合,从而实现栅格数据有效的水平方向扩展分析(图 1)^[7]。

以图 1 为例,以目标栅格为中心,开辟 3×3 或 5×5 或更大分析半径的矩形窗口,求取分析窗口内的高差,作为目标栅格的起伏度。以 DEM 上的每个栅格点作为目标栅格,用这个分析窗口对全图逐栅格求取高差,就求得了地形起伏度的栅格数字矩阵。

对于上述算法,GRID 模块提供了 FOCAL-RANGE 函数来实现

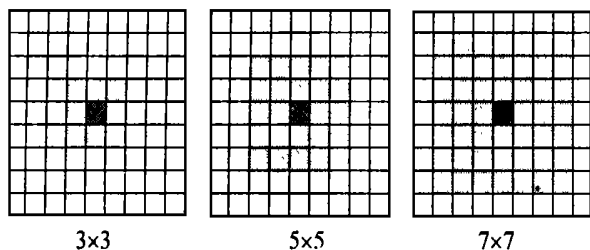


图 1 矩形分析窗口

2.2.2 最佳分析窗口的确定 根据上述算法,我们发现,目标栅格点起伏度会随着分析窗口半径的增加而增大,这将会影响整幅图起伏度的大小。如何确定一个合适的分析窗口半径,使得在全国范围内求取的起伏度能够准确反映地面的地貌起伏状况与水土流失特征,是决定区域地形起伏度信息提取效果与有效性的关键

按照地貌发育的基本理论,存在一个使最大高差

达到相对稳定的最佳统计窗口^[8]。为了找到这个最佳分析窗口,我们在全中国采集了 6 个样区:黄土高原、江南丘陵、四川盆地、山东丘陵、横断山区、东北地区,分别求取了 $2\text{ km} \times 2\text{ km}, \dots, 13\text{ km} \times 13\text{ km}$ 窗口下的地形起伏度,统计其结果如图 2

在各个样区内,地形起伏度在分析窗口为 $4 \sim 6\text{ km}$ 时均出现明显的转折点,即在大于 5 km 左右的分析窗口内,其中的最大高差达到相对的稳定。因为所提取的地形起伏度要能够宏观反映全国的地貌与水土流失特征,必须统一一个对各个样区都比较合适的分析窗口才能有所比较。为了照顾各个样区的均衡性,我们选定 $5\text{ km} \times 5\text{ km}$ 分析窗口作为中国水土流失地形起伏度提取的最佳统计窗口。

2.3 地形起伏度的提取与制图

在 $5\text{ km} \times 5\text{ km}$ 的分析窗口内,提取了地形起伏度指标,并且以中国水土流失评价单元图为基础,求得每个单元内的平均起伏度值。然后在 Arcview 支持下,对地形起伏度进行分层设色显示,并添加注记,完成中国水土流失地形起伏度制图(图 3)。

3 地形起伏度在中国水土流失综合评价中的应用

3.1 地形起伏度的适用性分析

为了探讨该地形起伏度指标在水土流失研究中的适用性,我们将中国水土流失地形起伏度图与中国地貌图、中国土壤侵蚀图分别作了比较,结果如表 2

表 2 地形起伏度与地貌类型、水土流失特征的对比如分析

地形起伏度 /m	地貌类型与水土流失特征
0~30	地貌类型多为平原;三北的戈壁沙漠及风沙区多为风力侵蚀;几乎无明显水力侵蚀。
30~75	地貌类型为缓起伏的丘陵,多分布在我国二级台阶的北部地区,多为风力侵蚀;部分地区,如四川盆地及东北漫岗丘陵区,水土流失较严重,属重度侵蚀。
75~200	地貌类型为切割丘陵地及缓起伏的高地,多分布在黄土高原、大兴安岭东西两侧及江南丘陵地区;水土流失严重,属极重度侵蚀。
200~400	地貌类型为切割高地,分布在我国大兴安岭、长白山脉及云贵高原、江南山地丘陵、黄土高原黄河峡谷两侧地区;水土流失较严重,属轻度—中度侵蚀。
400~600	地貌类型为切割山地,多呈零星分布;土壤侵蚀属轻度—中度侵蚀。
>600	地貌类型为高山、极高山,多分布在我国横断山脉、秦巴山地、青藏高原北缘等地;土壤侵蚀属轻度—中度侵蚀。

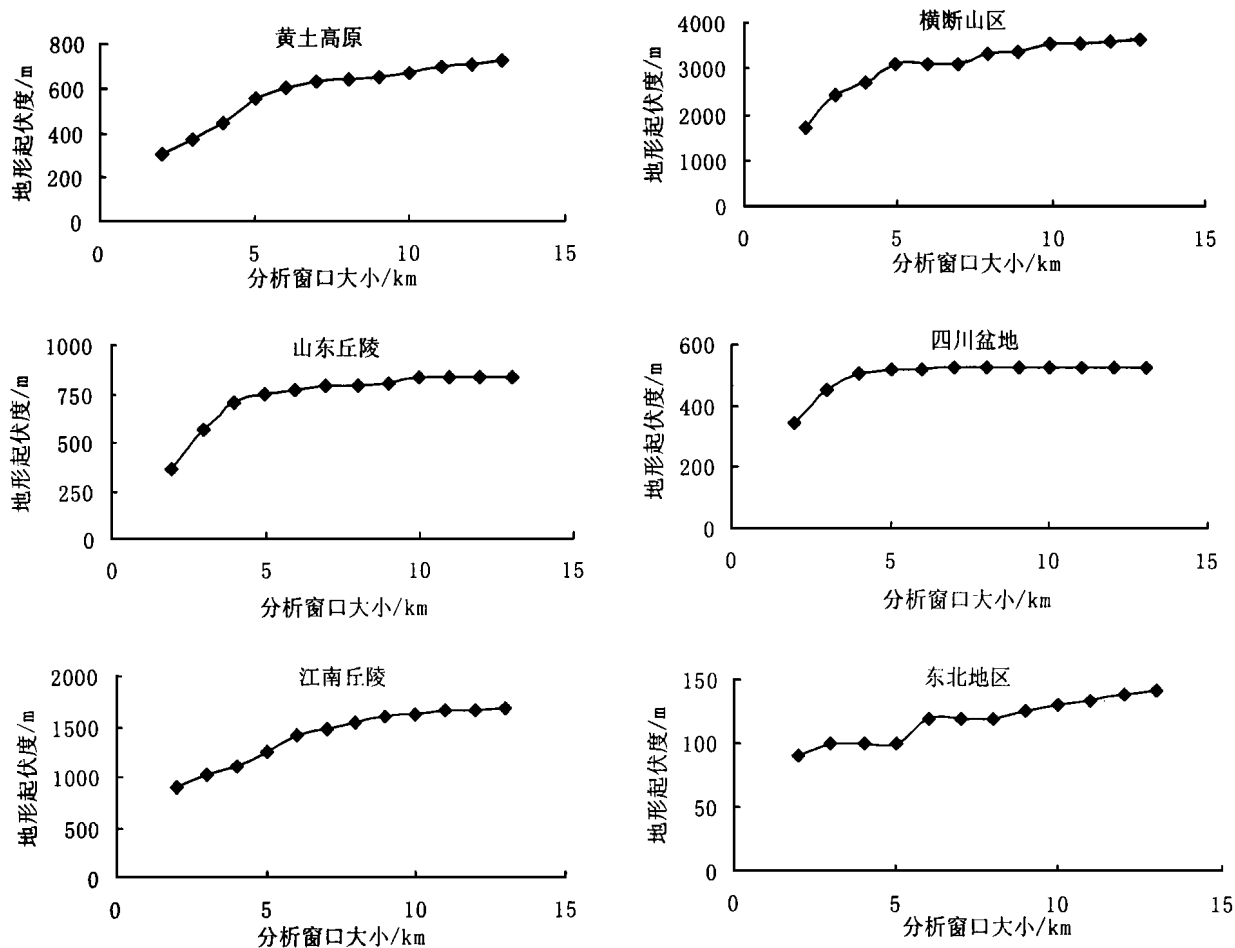


图 2 最佳窗口大小分析

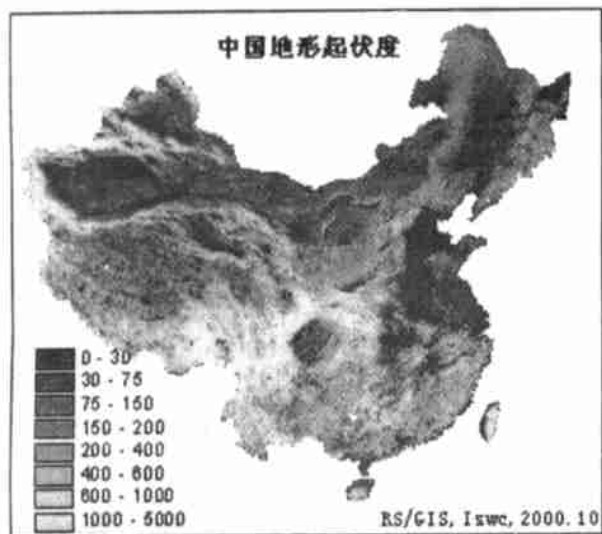


图 3 中国地形起伏度

从表 2 可见, 地形起伏度指标基本上能够反映全国的地形起伏状况, 符合各种地貌类型的分类标准; 同时也能够反映全国水土流失类型区的土壤侵蚀

特征, 是一个比较适合区域水土流失评价的地形指标

3.2 地形起伏度在中国潜在水土流失评价中的应用

中国潜在水土流失评价是指在只考虑影响土壤侵蚀的自然因素, 包括地表形态 (地貌)、侵蚀物质 (土壤及其母质)、动力条件 (降雨、径流、风力和冻融侵蚀) 条件下, 对水土流失的宏观分析与评价^[9]。

我们将地形起伏度指标作为影响中国潜在水土流失的地形因子, 与土壤抗冲性、降雨侵蚀力等其它潜在水土流失影响因子在评价单元内实现了数据集成, 完成了中国潜在水土流失综合评价与制图, 取得了较好的结果。

[参 考 文 献]

- [1] 杨勤科, 李锐. 区域水土流失快速调查研究初报 [J]. 水土保持通报, 1999, 19(3): 36-39.
- [2] 江忠善, 刘志, 贾志伟. 地形因素与坡地水土流失关系的研究 [J]. 中国科学院水利部水土保持研究所集刊, 1990 (12): 1-8.

(下转第 62 页)

互作用的制约,也就是说土地利用方式与强度是影响荒漠化发展或逆转的主要因素。在过去 40 a, 华北的干旱、半干旱区,荒漠化在持续地扩展。荒漠化扩展速度由 50 年代中期到 70 年代中期平均为 $1\ 560\ \text{km}^2/\text{a}$, 发展到最近 10 a 平均为 $2\ 460\ \text{km}^2/\text{a}$ ^[4]。

额济纳旗绿洲生态的恶化虽受气候干暖化和土壤潜在沙漠化环境影响,但人类对土地与水资源的不合理的利用,则是绿洲生态恶化的主要原因。从区域范围上看,阿拉善区曾是河—湖密布的自然景观^[5,6],故富存了大量的地下水资源,这是绿洲生存的重要条件之一。但人口的膨胀,土地的开垦,牲畜的过牧,造成了对戈壁层的破坏,导致其下层沙土的出露,在风的吹扬作用下,产生沙化;再则由于对流域水资源的不合理利用,上游大量用水与截留,致使弱水下游来水量急剧减少,终致缺水以至断流,绿洲生态环境退化,盖度急剧下降;另外由于人口的增加,用水量的提高,对地下水的过度开发,造成地下水位的剧烈下降,漏斗范围扩大,影响了植被的正常生长,导致植被生态的退化^[7]。

额济纳旗人工绿洲生态建设试验研究结果表明,近河戈壁是可以逆转为绿洲的,这为综合整治居延绿洲环境提供了科学依据^[8]。整个流域用水的合理规划,流域下游额济纳旗水利工程的科学建设与合理运

行,以及减少人口对环境的压力,研究干旱区合适的人口承载力和牧畜量,这些是对于绿洲生态环境恢复的重要措施之一。引进现代高新技术如遥感的监测与系统地分析及科学地治理,额济纳旗绿洲生态恢复是完全可能的。

[参 考 文 献]

- [1] 王根绪,程国栋.黑河流域土地荒漠化及其变化趋势[J].中国沙漠,1999,19(4):368-377.
 - [2] 董光荣,吴波,慈龙骏,等.我国荒漠化现状、成因与防治对策[J].中国沙漠,1999,19(4):318-331.
 - [3] 曾群柱.正义峡水利枢纽工程对额济纳自然环境影响的初步研究[R].1996.
 - [4] WANG Tao. Land Use and Sandy Desertification in the North China[J], Journal of Desert Research, 2000, 20(2): 103-107.
 - [5] 郭华东,刘浩,王心源,等.航天成像雷达对阿拉善高原次地表古水系探测与古环境分析[J].中国科学(D辑),30(1):88-96.
 - [6] 李容全,郑良美,朱国荣.内蒙古高原湖泊与环境变迁[M].北京:北京师范大学出版社,1990.
 - [7] 金自学,谢宗平,谢晓蓉.河西走廊生态系统退化特征研究[J].水土保持通报,2000,20(4):11-15.
 - [8] 刘洪贵,李德平,吕金虎,等.额济纳旗人工绿洲生态建设试验研究[J].中国沙漠,1999,19(2):160-164.
-
- (上接第 59 页)
- [3] Meyer. L. D. Evolution of the universal soil loss equation [J]. Journal of Soil and Water Conservation 1984, 3-4: 99-104.
 - [4] TANG Guoan. A Research on the Accuracy of Digital Elevation Models[M]. Beijing: Science Press, 2000.
 - [5] 李锐,杨勤科.空间信息技术在水土保持规划中的应用[J].水土保持通报,1996,16(1):114-117.
 - [6] 杨勤科,李锐,王占礼.区域水土流失监测与评价指标体系研究[J].水土保持通报,2000,20(7):74-77.
 - [7] 汤国安,赵牡丹.地理信息系统[M].北京:科学出版社,2000.
 - [8] 涂汉明,刘振东.中国地势起伏度研究[J].测绘学报,1999,20(14):311-319.
 - [9] 马晓微.基于 GIS 的中国潜在水土流失宏观分析与评价[C].中国科学院水利部水土保持研究所硕士论文,2000.