

利用 DEM 数字高程模型计算坡度的差异性分析

周晓乐¹, 张 清²

(1. 辽宁省水土保持局, 沈阳 110003; 2. 辽阳市水土保持管理处, 辽阳 111000)

摘 要:以 DEM 数字高程图为本底资料进行坡度图的计算, 精确度高, 方法简单, 省时省力, 针对全省面积的大范围坡度图制作由于涉及到不同地形, 不能只建立一套标准。分别针对山地、平原、丘陵 3 种地形进行坡度计算, 像元值分别采用 25 m, 50 m, 100 m, 150 m, 200 m, 5 个分级, 得出同地形在不同像元大小情况下, 像元越小, 差异越小; 同像元大小在不同坡度级别情况下, 坡度越大, 差异越大。

关键词:DEM; 坡度; 差异性

中图分类号:TP79

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2006)06-0145-02

Analysis of the Diversity Using DEM Numeral Elevation Model Calculating Declivity

ZHOU Xiao-le¹, ZHANG Qing²

(1. Department of Soil and Water Conservation Monitor of Liaoning Province, Shenyang 110003, China;

2. Department of Soil and Water Conservation of Liaoyang, Liaoyang, Liaoning 111000, China)

Abstract: Calculating declivity chart carrying on the DEM numeral elevation as the background material, the precision is high, the method is simple, saving time and efforts. Because of involving different terrain, a set of standards making wide range declivity chart in view of entire province can't be established. The authors calculate declivity separately aiming at the mountainous region, plain and hilly area, images separately using 25 m, 50 m, 100 m, 150 m, 200 m, 5 graduations, it is concluded that the same terrain is in different image plain size, the smaller image plain is, the smaller diversity is; the same image plain is in different declivity situation, the larger declivity is, the larger diversity is.

Key words: DEM; declivity; diversity

坡度图是进行土地适宜性分析, 辅助判断岩层走向和提供水文因子参数、道路施工设计、土地开发参考、土壤侵蚀研究的重要基础。利用 GIS 软件, 以 DEM 数字高程图为本底资料进行坡度计算的过程中, 由于 DEM 数字高程图为 Grid 格式的栅格图像, 采用不同像元值时, 生成速度、精度有一定差异。本项研究主要对利用 DEM 计算坡度过程中的差异性进行分析。通过对不同地形地势、不同像元值计算坡度的结果数据进行分析, 最终得出适应辽宁省地形地貌特征的坡度计算方法。

1 DEM 数字高程模型基本概念

DEM 数字高程模型, 是 DTM 数字地形模型中的高程要素, 是地表单元上的高程集合。数字地形模型 (Digital Terrain Model, 简称 DTM), 是在空间数据库中存储并管理的空间地形数据集合的统称。是带有空间位置特征和地形属性特征的数字描述。它是建立不同层次的资源与环境信息系统不可缺少的组成部分。DTM 中属性为高程的要素叫数字高程模型 (Digital Elevation Model, 简称 DEM)。高程是地理空间的第三维坐标, 在目前 GIS 中, 数据结构只具有二维的意义, 数字高程模型的建立是一个必要的补充。

1.1 DEM 数字高程模型的建立

建立 DEM 的方法有多种。从数据源及采集方式讲有:

(1) 直接从地面测量, 例如用 GPS、全站仪、野外测量等; (2) 根据航空或航天影像, 通过摄影测量途径获取, 如立体坐标

仪观测、解析测图、数字摄影测量等等; (3) 从现有地形图上采集, 如格网读点法、数字化仪手扶跟踪及扫描仪半自动采集然后通过内插生成 DEM 等方法。DEM 内插方法主要有分块内插、部分内插和单点移面内插三种。目前常用的算法是通过等高线和高程点建立不规则的三角网 (Triangular Irregular Network, 简称 TIN)。然后在 TIN 基础上通过线性和双线性内插建立 DEM 模型。

1.2 DEM 数字高程模型的特点

与传统的地图相比, 数字高程模型作为地表的一种数字表达形式有如下特点:

(1) 容易以多种形式显示地形信息。地形数据经过计算机软件处理后, 产生多种比例尺的地形图、纵横断面图和立体图, 而常规地形图一经制作完成后, 比例尺不易改变, 改变或绘制其它形式地形图则需要人工处理。

(2) 精度不会损失。常规地形图随着时间的推移, 图纸将会变形, 失掉原有的精度。而 DEM 采用数字媒介, 因而能保持精度不变。另外, 由常规的地图用人工的方法制作其他种类的地图, 精度不会受到损失。

(3) 容易实现自动化、实时化。常规地图要增加和修改都必须重复相同的工序, 劳动强度大而且周期长, 不利于地图的实时更新。而 DEM 由于是数字形式的, 所以增加和改变地形信息只需要将修改信息直接输入计算机, 经软件处理后立即可产生实时化的各种地形图。

* 收稿日期: 2005-11-22

作者简介: 周晓乐 (1981-), 男, 辽宁省水土保持监测站助理工程师, 主要从事水土保持监测工作。

(4) 采用栅格图像格式保存。在计算机中数字高程图模型的保存格式为 GRID, 便于提取。

1.3 DEM 数字高程图的功能

数字高程模型既然是地理空间定位的数字集合, 因此凡牵涉到地理空间定位, 在研究过程中又依靠计算机系统支持的课题, 一般都要建立数字高程模型。在这个角度看, 建立数字地面模型是对地面特性进行空间描述的一种数字方法途径, 数字高程模型的应用可遍及整个地学领域。在测绘中可用于绘制等高线、立体匹配片、立体地形模型及地图的修测。在各种工程中可用于体积和面积的计算、种剖面图的绘制及线路的设计。军事上可用于导航、通讯、作战任务的计划等。在遥感中可作为分类的辅助数据。在环境与规则中可用于土地现状的分析、各种规划及洪水险情预报等。

2 利用 DEM 数字高程图计算坡度的差异性分析

本次研究所采用的本底数据是辽宁省 1: 5 万 DEM 数字高程模型, 利用 ARCINFO 软件中的空间分析模块进行坡度计算以及坡度图的制作, 由于在计算和制作过程中采用不同的像元值, 所生成的坡度值的精度和制作时间有较大差异, 而针对不同地域, 坡度计算和坡度图的制作方法也有所不同。

2.1 坡度的计算方法

坡度定义为水平面与局部地表之间的正切值。它包含两个成分: 斜度——高度变化的最大比率(常称为坡度); 坡向——变化比率最大值的方向。这两个因素基本上能满足环境科学分析的要求。但地貌分析中需要用到二阶差分凹率和凸率。较通用的度量方法是: 斜度用百分比测量; 坡向按从北方起算的角度测量; 凸度按单位距离内斜度的度数测量。

坡度图的形式是图形, 而计算结果是数值, 为此应对坡度计算值进行分类, 并建立查找表使类别与显示该类别的颜色或灰度对应。针对辽宁省情况和参照国家标准, 将坡度分为 6 级:

坡度	0~ 5°	5~ 8°	8~ 15°	15~ 25°	25~ 35°	35°以上
级别	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	6 级

2.2 坡度计算结果的差异分析

本次研究分别针对山地、平原、丘陵 3 种地形进行坡度计算, 像元值分别采用 25 m、50 m、100 m、150 m、200 m、5 个分级, 为推算出全省坡度计算方法提供基础数据。其中山地选择了省内有代表性的朝阳凌原市, 其地形多为山地, 山脊明显, 沟壑清晰, 坡度在各个级度分布较均匀; 平原选择了盘锦市, 其地形平坦, 坡度以二级以下为主; 丘陵地带选择了大连市的普兰店, 其坡度级别多以 3、4 级为主。

不同地形特征和不同的像元值坡度计算结果对比如下:

表 1 凌原市不同坡级在不同像元值时的面积分布	hm ²					
	25 m 像元	50 像元	100 m 像元	150 m 像元	200 m 像元	
1 级	74666.667	78666.67	90232.0	108548.0	126967.33	
2 级	35333.33	39333.33	52610.7	62154.0	68750.6667	
3 级	76000.00	85333.33	101238.0	105820.7	101099.333	
4 级	89333.33	88666.68	72008.0	47572.7	29586.6667	
5 级	44666.67	32666.67	11008.7	3452.7	1182	
6 级	8000.00	3333.333	492.0	42.0	4	

2.2.1 凌原市坡度分析

从表中可以明显的看出, 山区不同坡度不同像元的面积在 25 m 像元和 50 m 像元值时较接近, 但其他各个坡级变化较大, 斑块数目上, 25 m 像元与 50 m 像元相差较大, 其他的较接近, 但 100 m 像元的斑块数较 25 m 像元的斑块数少了参考文献:

[1] 夏卫兵. 略谈水土流失与土壤侵蚀[J]. 中国水土保持, 1994, (4): 47- 48.
[2] 刘震. 水土保持监测技术[M]. 北京: 中国大地出版社, 2003.

近 84%; 丘陵区各坡级面积曲线基本一致, 斑块数上 25 m 像元与 50 m 像元相差较大, 整体上与山区地形的斑块数分布一致; 平原区地形起伏极小, 2 级以上坡度面积仅占总面积的 0.03%, 可忽略不计。

表 2 山区不同坡度不同像元值下斑块数分布 个

	25 m 像元	50 m 像元	100 m 像元	150 m 像元	200 m 像元
1 级	53598	23518	10701	5993	3556
2 级	116022	47991	18567	9975	6098
3 级	109424	45598	14284	5833	3001
4 级	67505	29098	7656	3335	1669
5 级	36742	15145	3048	561	156
6 级	12386	3096	212	13	1

2.2.2 普兰店市坡度分析

表 3 普兰店市不同坡级在不同像元值时的面积分布万亩

	25 像元	50 像元	100 像元	150 像元	200 像元
1 级	225770.7	234407.3	254106.7	272346.7	287723.3
2 级	41442.0	42459.3	43428.0	41463.3	38554.0
3 级	51900.7	51986.0	47476.7	40496.7	32852.0
4 级	34527.3	28942.0	17236.7	8876.0	4210.0
5 级	8334.7	5249.3	1106.7	186.0	29.3
6 级	1394.0	324.0	14.0	0.0	0.0

表 4 丘陵区不同坡度不同像元值下斑块数分布 个

	25 m 像元	50 m 像元	100 m 像元	150 m 像元	200 m 像元
1 级	30564	14279	4823	2180	1184
2 级	85394	36179	12611	6078	3308
3 级	47358	20101	5664	2307	1149
4 级	23724	8718	2351	884	342
5 级	12810	3399	422	50	7
6 级	3444	463	8		

2.2.3 盘锦市坡度分析

表 5 盘锦市不同坡级在不同像元值时的面积分布

	25 m 像元	50 m 像元	100 m 像元
1 级	365940.7	365948.7	365943.3
2 级	0.015	0	
3 级	0.002		

表 6 平原区不同坡度不同像元值下斑块数分布个

	25 m 像元	50 m 像元	100 m 像元
1 级	11.000	7.000	7.000
2 级	35.000	1.000	
3 级	5.000		

3 结 论

以 DEM 数字高程图为本底资料进行坡度图的计算, 精确度高, 方法简单, 省时省力, 针对全省面积的大范围坡度图制作由于涉及到不同地形, 不能只建立一套标准。

辽宁省地形丰富, 既有山区, 又有丘陵和平原, 而且各地形面积大小基本相等, 这对制作辽宁省坡度图增加了很大难度, 但经过分析, 把辽宁省以山区、丘陵、平原 3 种地形进行分割, 分别计算坡度, 即解决了坡度计算精度问题, 又能节省很大的计算量。

在具有 1: 5 万 DEM 情况下, 针对我省地形采用 25 m 像元和 50 m 像元计算坡度差异性不明显, 选择 50 m 像元值计算坡度可节省存储空间和计算时间, 又不降低计算精度。

处即发生了气流分离,说明此时风速不大,雷诺数 Re 在临界值以下。根据有关学者研究,此时大约有 43% 左右扇形表面压力为正的,其他表面压力为负的,并且数值很相近^[7]。表面压力为正,表明该表面受到风作用力作用,是迎面吹蚀;表面压力为负,表明受到的是形状阻力或涡旋阻力作用,是反向掏蚀。图 3 展示了平均速度矢量场分布情况,图中显示了在白刺灌丛前方存在一个回流区,也印证了等势线图的表现。背风面气流回流显著,而且出现涡旋,在 $3H$ 处速度增大剧烈区,速度恢复跳跃发展。

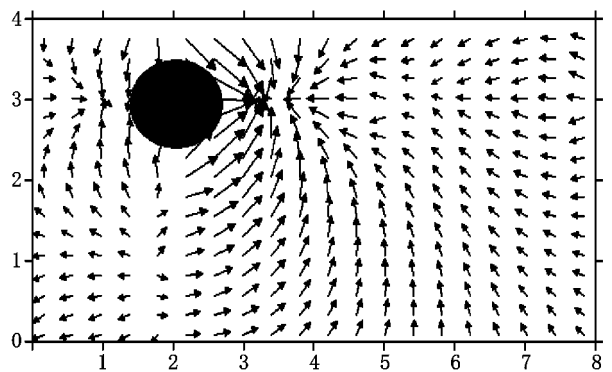


图 3 平均速度矢量场图

3.2 防风效应

白刺灌丛防风效应主要是体现在其防护距离上,根据白刺灌丛轴面平均风速图(图 4)可以看出,在误差允许范围内白刺灌丛防护距离约为其高度的 6~7 倍,也就是说,单一白刺灌丛堆速度恢复区域距离 $h \geq 6H$ 。

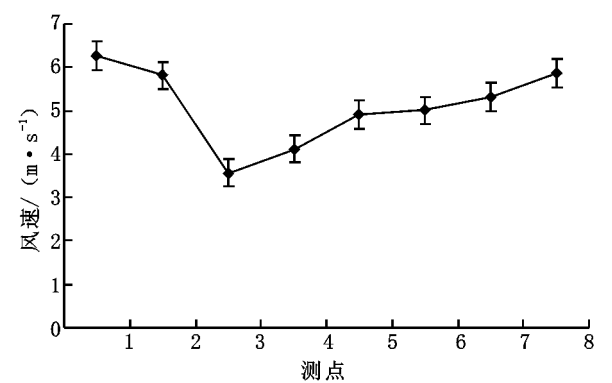


图 4 轴线风速变化图

参考文献:

[1] 孙祥. 籽蒿与白刺的特性及其利用的研究[J]. 内蒙古林学院学报, 1998, 20, (3): 43- 49.
[2] 李博、孙祥. 饲用植物资源[A]. 内蒙古资源大辞典《草地资源分册》[M]. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1997.
[3] 中国沙漠研究所. 中国沙漠地区药用植物[M]. 兰州: 甘肃人民出版社, 1973.
[4] 酆庆增. 圆柱绕流的非线性动力学[J]. 力学进展, 1994, 24(4): 525- 546.
[5] 张也影. 流体力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1998. 129.
[6] 马玉明, 王林和, 姚云峰, 等. 风沙运动学[M]. 沈阳: 辽宁远方出版社, 2004. 51.
[7] 刘贤万. 实验风沙物理与风沙工程学[M]. 北京: 科学出版社, 1995. 11.

(上接第 146 页)

[3] 赵善伦, 尹民, 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- 699.
[4] 陈军, 邬论伦. 数字中国地理空间基础框架[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
[5] 李军, 周成虎. 地球空间数据集成多尺度问题基础研究[J]. 地球科学进展, 2002, 15(1): 48- 52.
[6] 胡雪莲, 孙永军, 等. 基于地理空间概念的地理元数据组织管理研究[J]. 地理与地理信息科学, 2003, 19(2): 11- 14.
[7] 傅伯杰, 汪西林. DEM 在研究黄土丘陵沟壑区土壤侵蚀类型和过程中的应用[J]. 水土保持学报, 1994, 3(8): 17- 21.

为了进一步研究白刺灌丛的防风效应, 本文使用形状系数和风速衰减率两个无量纲指标, 对不同类型的白刺灌丛的防风效应进行比较:

形状系数: $f = \frac{h}{l}$

式中: h ——白刺灌丛迎风面高度; l ——白刺灌丛迎风面宽度。

风速衰减率: $a = \frac{V_0}{V_{min}}$

式中: V_{min} ——风速衰减最强烈值; V_0 ——来流风速值。

由这两个指标含义可知, 形状系数越大, 白刺灌丛越高; 风速衰减率越大, 风速恢复减缓。从小型、中型和大型白刺灌丛比较结果(表 2)看出, 随形状系数的增大, 风速衰减率减小,

表 2 不同类型白刺防风效应比较表

类型	形状系数(f)	风速衰减率(a)
小型白刺灌丛	0.28	1.75
中型白刺灌丛	2.5	1.69
大型白刺灌丛	2.4	1.72

也就是说风速恢复迅速。小型白刺灌丛形状系数最小, 但是其风速衰减率最大, 可以肯定在白刺防风效应影响因素中, 其迎风面宽度对风速衰减和恢复影响显著。

4 结论与讨论

(1) 本文利用野外实测数据, 从流体力学的角度和观点对单一白刺灌丛周围风速流场进行了研究和探讨, 通过计算机辅助技术和图像处理技术将白刺灌丛二维绕流场整体展现, 并挖掘了其防风蚀荒漠化影响的机理。

(2) 从试验看, 在风蚀荒漠化防治工作中, 影响不同类型白刺灌丛防风效应诸多因子中, 迎风面宽度起主导作用, 其影响明显大于其他因子。另外, 本文白刺灌丛的研究结果可以进一步引申为固定沙丘或其他防风固沙物体, 为荒漠化防治工作提供参考。

(3) 由于试验仪器本身的误差, 数据有限, 以及笔者能力限制, 所得结果错误在所难免, 希望在今后的工作实践中能进一步研究, 探讨。

致谢: 本文在野外工作中得到了磴口林业试验中心的大力帮助, 在此表示感谢!