

# 数字高程模型 DEM 的建立与应用

张荣群<sup>1</sup>, 严泰来<sup>1</sup>, 武晋<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 中国农业大学信息管理系, 北京 100094)

(<sup>2</sup> 中国农业大学经济管理学院, 北京 100094)

**摘要:** 文章对 DEM 的建立方法进行了探讨, 并在开发的 DEM 系统上自动生成坡度图, 绘制透视立体图, 完成土地利用分析和土方量计算方面的应用研究。

**关键词:** 数字高程模型; 农业应用

[中图分类号] S126

[文献标识码] B

[文章编号] 1007-6581 (2000) 06-0033-03

## 1 引言

数字地面高程模型(Digital Elevation Model)简称 DEM, 它是用数字形式 X、Y、Z 坐标来表达区域内的地貌形态, 以缩微的形式再现了地表形态起伏变化特征, 具有形象、直观、精确等特点。在生产中有广泛的使用价值。DEM 不仅应用于土地利用规划和水利工程规划, 而且也被用于土方工程量计算; 地貌特征线往往是一些重要自然现象(如土壤、植被、地表侵蚀、微生态环境等)的分界线, 因而在地学分析中引入 DEM, 对于坡度图的自动生成和图形的叠加分析等方面, 将改进研究方法手段, 改善研究成果的表达方式, 较好地解决传统方法中难以实现的技术问题。

## 2 DEM 数据的获取

建立 DEM 需要大批地貌形态数据, 获取 DEM 数据的方法有航片解析法和地形图数字化法, 也有人利用卫星遥感图像来生产 DEM 数据。

在全数字自动摄影测量系统的支持下, 利用航片立体象可建立地面的立体模型, 在输入地面控制点以及航片经过相对与绝对定向之后, 根据选配的影象同名点即可产生 DEM 数据。这种方法对软硬件要求较高, 且资料昂贵, 非测绘部门一般不用此法, 而是在数字化平台上对地形图进行采样, 获得地面高程采样值, 然后进行编辑, 生成数字地形模型(Digital Terrain Model, 简称 DTM)。在生成 DTM 的过程中对采样点进行内插处理, 处理的方法有加权平均法和不规则三角网法(TIN); 不规则三角网法(TIN)处理这些采样点时把每三个最邻近点联结成三角形, 每个三角形代表一个局部平面(地表单元), 对应于一个平面方程, 根据这类方程可计算出各自的格网点高程, 生成 TIN 数据; 再经过采样即格网化处理, 最后得到具有一定水平间距的 DEM 数据。

由 TIN 结构生成的 DEM 数据可以用来生产坡度图、晕渲图、三维立体图等。在地学分析中, 利用 DEM 数据可自动提取各种地形因子和对地表形态进行自动分类等, 下面以坡度分析与坡度图的自动生成为例说明 DEM 数据的应用。

## 3 坡度分析与坡度图的自动生成

在坡度分析与坡度图编制业务中, 通常使用变化范围较大的定性或半定量分析的常规方法, 这种方法劳动强度大且生产周期长。在计算机软硬件的支撑下, 利用 DEM 数据进行地貌特征分析, 能够快速而准确地满足国民经济建设各方面的需要。

### 3.1. 数字坡度模型的建立

由数字高程模型转换为数字坡度模型的方法有两种: 一是数字分析法, 二是有限二阶差分法。前者分别求出格网中心点与其周围相邻八个格网中心点的坡度, 通过判断取其中的最大值作为该格网单

元的坡度值。这种方法能满足计算格网单元坡度值的要求,但有两个明显的缺点:首先它只能适应于较小范围的 DEM 数据系统,如果范围相对较大,容易在地形变化复杂地段使格网“架空”,产生错误的地面坡度值。其次是这种转换方法无法算出制图区域最边一行的坡度,影响坡度图的成图效果和面积量算精度。我们采用第二种方法,其原理是地表单元坡度是其发矢量  $n_{ij}$  与 z 轴之夹角,而两矢量夹角的余弦等于两矢量的数量积与模的乘积之商,即:

$$\text{slope}_{ij} = \arccos \left[ \frac{\vec{z} \cdot \vec{n}_{ij}}{|\vec{z}| \cdot |\vec{n}_{ij}|} \right]$$

在进行坡度分析时,将该式简化为如下形式:

$$\text{slope} = \arctan \sqrt{u^2 + v^2}$$

$$u = \sqrt{2} \cdot \frac{z_a - z_b}{2d_s}$$

$$v = \sqrt{2} \cdot \frac{z_c - z_d}{2d_s}$$

式中  $z_a$ 、 $z_b$ 、 $z_c$ 、 $z_d$  为地表单元格网点的高程数据,  $d_s$  为相邻格网点的增量,  $\text{slope}_{ij}$  为第 i 行第 j 列格网的坡度值,并且  $0 \leq \text{slope} \leq 90^\circ$ 。

运用上述方法依次计算出每一格网的坡度值,就得到数字坡度模型  $\{\text{slope}_{ij}\}$ 。

### 3.2. 分级数字坡度图的生成

数字坡度模型是一种自然坡度模型,把坡度划分为若干级并输入坡度分级指标,就可以转换为分级数字坡度模型,利用终端设备即可输出坡度图或在屏幕上显示出结果。

## 4 应用实例

### 4.1 土地利用类型不同坡度的面积

利用上述方法,我们建立了陕西省米脂县胰寺沟村数字高程模型,利用该数字模型,绘制了这一地区的透视立体图(图1)。将该地区的 DEM 模型与计算机内已有的土地利用现状数字模型进行自动

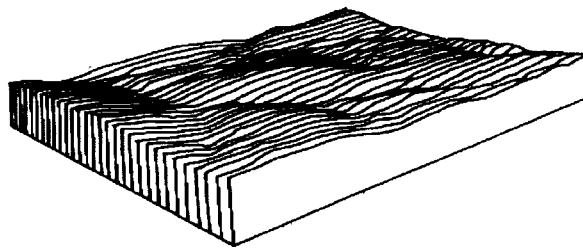


图1 寺沟村地区透视立体图

叠加,分析统计得到表1中所有的各土地利用类型坡度分布数据,为土地利用分析及土地利用规划提供了必要的资料。

### 4.2 计算工程土方量

在农业部援非项目一几内亚科巴农场排水总干渠工程中,需要计算土方量。我们分别利用 DEM 系

统和常规计算两种方法, 计算了开挖土方量。利用 DEM 系统计算土方量, 首先以实测的 1: 500

表 1 寺沟村各土地利用类型坡度面积统计表

单位: 亩

坡度 土地 利用类型	<2°	2°—6°	6°—15°	15°—25°	25°—35°	35°—45°	>45°	小计
水浇地	98.2	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	101.0
沟底旱地	133.0	87.5	3.5	4.6	0.0	0.0	0.0	228.6
坡旱地	11.9	67.6	211.3	451.5	198.3	280.0	93.0	1313.6
梯田	0.0	82.1	408.7	598.3	156.7	73.2	18.5	1337.5
果园	0.0	0.0	49.4	93.3	61.8	7.6	12.0	224.1
乔木林地	1.1	1.6	22.1	37.3	49.2	51.3	88.6	251.2
灌木林地	2.8	0.0	6.8	13.2	55.5	216.3	105.5	400.1
荒草地	3.1	15.1	11.3	98.4	39.9	444.5	258.8	871.1
居民地	18.2	47.3	29.9	4.9	1.3	5.3	4.5	111.4
合计	268.3	301.2	745.8	1301.5	562.7	1078.2	580.9	4838.6

地形图建立施工前和竣工后两个 DEM 模型, 即 DEM 模型 I 和 DEM 模型 II, 以海拔 0.0 米作为基准面, 计算该基准面以上部分的土方量, 计算范围以总干渠马道外侧为准。然后根据网格面积乘以高程, 计算马道(含马道)以内每个网格的体积, 把施工前后所有的网格体积累加起来即得 DEM 模型 I、II 的体积, 两者之差即为实挖土方量  $V_1$ 。利用常规方法计算开挖土方量为  $V_2$ 。 $V_1$  与  $V_2$  之差为 708 立方米, 误差小于 5%;  $V_1$  较  $V_2$  大, 其原因是由于大型机械作业, 马道地基下降所致。

从上述例证可以看出, 数字高程模型 DEM 不仅可以进行土方量的计算, 进行地貌形态的缩微再现, 而且可以与其它要素的数字模型的匹配叠加, 用于坡度分析, 土地评价等分析面广、层次深的实际工作中。

#### 参考文献:

- 1 杜道生, 陈军, 李征航. RS, GIS, GPS 的集成与应用. 测绘出版社, 1995
- 2 余鹏, 刘丽芬. 利用地形图生产 DEM 数据的研究. 测绘通报, 1998, (10)
- 3 Denis p. 武汉测绘科技大学译. 由 SPOT 影像数据产生数字地面模型. 1988, (2)
- 4 黄玉琪. SPOT 影像的 DEM 自动生成. 测绘通报, 1998, (9)
- 5 胡友元, 黄杏元. 计算机地图制图. 测绘出版社, 1987
- 6 林培. 黄土高原遥感专题研究论文集. 北京大学出版社, 1990
- 7 张超, 陈丙咸, 郭伦. 地理信息系统概论. 高等教育出版社, 1995
- 8 汤国安. 数字坡度模型的建立与应用. 西北大学学报(自然科学版), 1991, (1)
- 9 黄杏元, 汤勤. 地理信息系统概论. 高等教育出版社, 1989
- 10 严泰来. 土地信息系统. 科学技术文献出版社, 1993

#### A study on the setting up digital elevation model and its application

ZHANG Rong-qun<sup>1</sup>, YAN Tai-lai<sup>1</sup>, WU Jin<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Department of Information management, China Agricultural University 100094)

(<sup>2</sup>College of Economic and Management, China Agricultural University 100094)

**Abstract:** This paper probes into the method to establish digital elevation model. Using DEM system, the article studies the automatic making of the slope map, perspective stereo drawing, land use analyses and the quantity compute of cubic meter of earth.

**Keywords:** DEM; agricultural application