

资源信息系统中数字地形 模型子系统的建立

鞠 洪 波

(中国林业科学研究院资源信息研究所)

摘要 数字地形模型(DTM)是资源信息系统中的重要组成部分。以网格方式建立的地形模型具有定位及量化的优点,用途很广。本文详细介绍了DTM中数据采集、坡度和坡向数据的计算、网格的加密、地形模型的建立和三维立体绘图的原理和方法。并对在微机环境下建立的DTM的功能做了系统介绍。由本系统建立的数字地形模型可广泛用于遥感图像处理、植被分类、立地条件划分、坡度和坡向图制作,也可用于林区道路选线、土石方计算、水库选址和坝高与库容计算及洪水危害估计等方面。

关键词 信息系统; 数字地形模型; 微型计算机

一、前 言

资源信息系统是关于资源空间数据管理与分析的计算机软件系统。该系统将有关资源的图象(航空象片和卫星影像)、图形(各种专题图,如森林分布图、土壤图、土地利用现状图等)、数据资料和文字资料存入计算机,建立图像库、图形库和数据库,并可对其进行编辑、检索、统计、运算、更新和分析。以图像、图形、统计数据或文字报告的形式将结果提供给用户。可为资源调查、动态监测、规划设计与管理提供信息,是资源管理的理想工具。

资源信息系统框图如图1所示。

资源信息一般由几个子系统组成,数字地形模型是该系统中的重要组成部分,其主要功能是地面高程数据的采集,其他地形要素的提取,地形数据库与数字地形模型的建立,地形的三维立体透视图及数据和图形输出等。

数字地形模型一般以网格方式建立,其地表单元的位置坐标隐含于网格的行列坐标之中。因而该模型具有定位及量化优点,

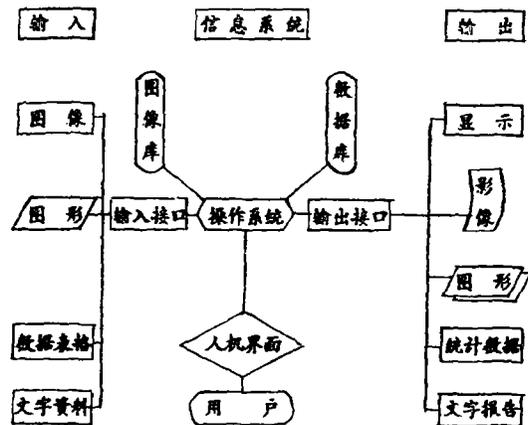


图1 资源信息系统框图

在许多领域都有广泛的用途。据此模型可直接绘制等值线图、坡度图和坡向图等；也可用于道路或水渠的选线、土石方计算、水库选址和坝高与库容计算、洪水危害估计等方面。在遥感图像处理中，地形数据用于图像的几何与辐射校正，制作正射影像图。在利用遥感图像进行植被分类时，地形数据作为辅助数据，可以使植被的垂直分布规律很自然地体现到山区植被分类的结果中，明显改善分类精度。此外，利用地形信息还可以进行立地条件的划分和评价等。

数字地形模型子系统的建立是地理学、计算机技术和遥感技术紧密结合的结果。资源信息系统目前是世界上几个主要发达国家正在积极研制开发的项目。在微型计算机上开发资源信息系统具有投资少、实用性强的特点，适合我国国情，更有利于推广和应用，是目前研究的重点和今后发展的主要方向。

二、原理和方法

数字地形模型(DTM)是用于表示地面特征的一系列数据。这些数据既可是高散形式的，也可是规则排列的。例如，利用在 x 、 y 方向都是等间隔的地面点的高程表示地形，则称之为数字高程模型(DHM)。除高程外，在DTM中还包含地面点的坡度和坡向等地形信息。

(一) 数字高程模型的建立

1. 数据的获取 在数字高程模型中数据点的作用相当于外业测绘等高线时的碎部点，它的获得和定位是建立DHM的关键，也是获得其他信息的基础。获取数据的方法有许多种，一般是把现有的地形图数字化，来得到地面高程数据。

数据点是建立DHM的依据，原始数据点太少会影响DHM的精度，过多又会大大增加取样与数据处理的工作量和不必要的存储空间。根据地形的复杂程度和精度要求来确定取样间隔和选取适当比例尺的地形图。也可在数字化过程中调整取样密度。

2. DHM中未知点的内插 在DHM中，由于量测原始数据点的排列方式的多样性及不同用户对所需DHM密度的不同要求，必须对数字化的原始数据进行重新排列和不同方式的内插。

由于不可能用一个低次的多项式来模拟整个研究地区的地形，若用高次函数去拟合，又会产生解的不稳定性^[1]。因此，在DHM的内插中可以采用一个函数式来拟合一个局部地形，这种方法一般称为局部函数内插法。采用这种方法是将研究地区的地形数据进行分块内插，内插时要考虑到相邻的局部函数在公共接边处应连续光滑，这样能得到比较满意的拟合结果。内插完成后，即生成 X 、 Y 方向等间距的数字高程模型。

(二) 坡度和坡向数据的获取

数字地形模型中坡度和坡向数据是根据已有的DHM地面高程数据通过计算得到的。即根据等间距格网排列的高程数据，求解出每一格网结点处坡度矢量的估计值，进而得到该结点的坡度角和方位角(坡向)^[2]。

在DHM中第 i 行、第 j 列结点处的坡度近似值由下式给出：

$$S = \tan^{-1}(\sqrt{(x_{i-1,j} - x_{i+1,j})^2 + (x_{i,j-1} - x_{i,j+1})^2}) / 2d) \quad (1)$$

式中 x_{ij} ——是DHM中第 i 行、第 j 列处地面高程； d ——是DHM格网间距。

令 $A = (x_{i-1,j} - x_{i+1,j})$ $B = (x_{i,j-1} - x_{i,j+1})$

则该点的坡向角为:

$$R = \tan^{-1}(A/B) \quad (2)$$

经过计算和适当变换就得到了包括地面高程、坡度和坡向数据的数字地形模型。

(三) 数字地形模型的三维立体显示

资源信息系统的重要特点是空间定位和图形显示能力强。数字地形模型的三维立体显示使所建的模型在计算机屏幕上以立体图的形式展示给用户, 并可通过绘图仪或打印机输出, 为用户的调查和规划设计服务。

计算机的屏幕是一种二维显示设备, 数字地形模型的三维显示是应用透视变换的方法将三维空间的地面实况映射到二维平面上。

在二维的图形显示屏上得到三维物体的图形, 必须将二维屏幕坐标 (x', y') 与三元直角坐标 (x, y, z) 联系起来。具体做法是通过参考坐标系原点, 将三维坐标 (x, y, z) 投射到 (x', y') 图形平面上以产生实际的二维坐标。

1. 线划透视图 线划透视图适用于屏幕图形显示和绘图仪或打印机输出。输出线划透视图时, 由下图廓开始逐步向上图廓推进。此时必须设置一个数组, 存储当前的最高断面位置。新绘的断面不得低于该断面的位置。这一工作称为隐蔽线处理。图 1 是经消隐处理的河北省平泉县数字高程模型局部线划透视图(行式打印机打印输出)。

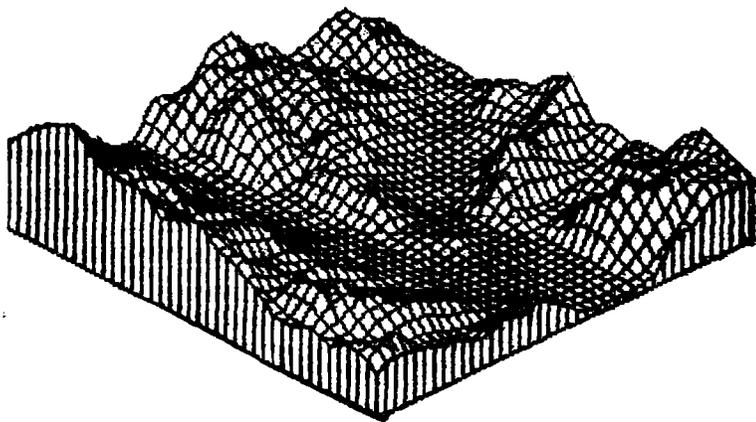


图 2 数字高程模型线划透视图

各种专题图经数字化后可以影像透视图的方式与 DTM 叠加, 也可以线划透视图的方式绘制专题立体图。

2. 影像透视图 影像透视图适用于图像显示方式。是将影像数据与地面高程数据一一对应, 由地面高程数据计算影像数据在透视图中的点位。显示时由上图廓向下图廓逐行计算。断面位置为后算者遮挡的部分, 自动地由后者的数据刷新。因此, 不必进行消隐处理。

三、数字地形模型子系统的设计与功能

(一) 系统逻辑结构

数字地形模型子系统采用模块化程序设计方法, 每一模块实现一种处理功能。其逻辑结构框图见图 3。

数字地形模型子系统用 FORTRAN 语言写成, 可在 IBM PC/XT、AT、286、386 和与其兼容的各种微机上运行。系统采用人机对话方式, 各种处理功能的选择采用菜单方式,

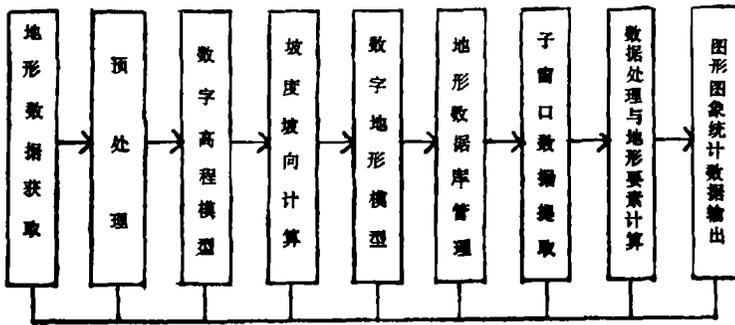


图3 逻辑结构框图

操作简单, 极易掌握。部分显示软件还用 BASIC 语言编写, 以便使该系统能在中分辨率显示器条件下运行。

(二) 数字地形模型系统功能

1. 高程数据的获取
该模块包括数据文件的建立和原始数据的输入, 用

格网法或数字化仪将地形图数字化并输入计算机。

2. 预处理 将输入的数据重新排列, 对数据进行修改和编辑操作。以点或线的形式在计算机屏幕上显示原始数据和预处理的结果。

3. 数据的内插 该模块可根据原始数据获取的不同方式, 选取以下三种内插算法来产生网格数据或进行网格的加密。

(1) 双线性多项式内插 使用待定最邻近的四个数据点, 确定一个双线性多项式:

$$Z = A_{00} + A_{10}x + A_{01}y + A_{11}xy \quad (3)$$

其矩阵形式为:

$$Z = (1 \ x) \begin{pmatrix} A_{00} & A_{01} \\ A_{10} & A_{11} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ y \end{pmatrix} \quad (4)$$

即利用已知点求解四个系数 A_{ij} , 然后根据待定点的 x 、 y 坐标求出待定点的程。

(2) 双三次多项式(样条函数) 其矩阵形式为:

$$Z = (1 \ x \ x^2 \ x^3) \begin{bmatrix} A_{00} & A_{01} & A_{02} & A_{03} \\ A_{10} & A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{20} & A_{21} & A_{22} & A_{23} \\ A_{30} & A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ y \\ y^2 \\ y^3 \end{bmatrix} \quad (5)$$

根据已知点求出 A 阵, 然后根据待定点的 x 、 y 坐标求出高程^[1]。

(3) 移动曲面拟合与邻近点法 当待定点与某一原始数据点的距离小于给定的阈值时, 直接用该点的高程值做为插得值。否则, 选取待定点周围若干个数据点加权曲面拟合。曲面函数的普通二次曲面方程为:

$$Z = ax^2 + bxy + cy^2 + dx + ey + f \quad (6)$$

或用完全二次曲面方程:

$$Z = a(x^2 + y^2) + bx + cy + d \quad (7)$$

以有效地减少运算时间。数据点的权函数取 $1/d$, 其中 d 为数据点与内插点之间的距离。

内插的结果即为格网结构的数字高程模型。

4. 坡度和坡向的计算 根据式(1)和(2)逐点计算每一格网结点的坡度和坡向。建立格网结构的数字坡度和坡向模型, 并与 DHM 一起构成 DTM。

5. 地形数据管理 地形数据一般分两级管理。第一级为目录管理,主要内容为提供数据库中所含地形数据文件的记录长度、行列数、所处地理位置、所含地形图数量与图幅号和模型格网间距等。第二级为数据文件管理,主要内容为数据文件的编辑、修改和更新。

6. 子窗口数据提取 该模块的功能是在数字地形模型数据文件中提取窗口数据,窗口的大小由用户自由定义,并可隔点取样。

7. 数据处理与地形要素计算 该模块的功能包括数据的压缩,生成影像数据文件,数据文件统计值计算,相对高差、任意两点间高差及水平距离和实际距离的计算,沟谷与山脊线的提取等。

8. 图形图像及数据输出 该模块由两个子模块组成,即:

(1) 图形子模块,其功能为:数字高程模型子区域的三维立体图(线划图)。图形经过消隐处理,具有很强的立体感。其逻辑框图如图4所示。

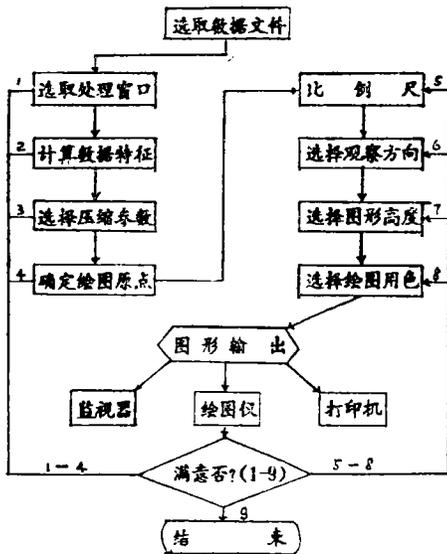


图4 逻辑框图

(2) 图像子模块,其主要功能为:在屏幕上扫描输出高程、坡度和坡向数据的密度分割图,坡向、专题图或卫星影像与高程模型立体图的叠加图像——影像立体图。

以河北省平泉县为例,用该子系统建立 100 × 100 m 间距的数字地形模型,用于辅助遥感图像进行资源调查和立地质量评价,取得了满意的结果。

四、结 语

1. 本文简述的DTM子系统对原始数据点的来源及获得方法实际上没有限制,它可以是外业大地测量或是内业摄影测量的结果,也可以是现有地形图数字化处理的结果。无论通过何种途径和方法所得到的原始数据点对本子系统而言,均作为离散分布的地面数据点。

2. 为了保证所建立的密集规则格网数字地形模型的精度,原始数据应具有足够的密度并尽可能均匀分布。特别要注意地形变化线、河流、沟谷及山头等处数据的采集。

3. 由本系统建立的数字高程模型的格网间距可根据需要任意选取,并可根据地形的特点选择不同的内插方法。

4. 由本系统建立的数字高程模型可广泛用于制作正射影像地图、遥感图像处理、地形剖面分析、地层趋势分析、水库选址、林区道路及桥梁设计等许多方面。

5. 本系统可在 IBM PC/XT、AT 及各种兼容的286、386微机上运行。

参 考 文 献

[1] 王之卓, 1979, 摄影测量原理, 武汉测绘学院, 276—281。
 [2] LARS, 1979, Digital processing of Landsat MSS and topographic data to improve capabilities for computerized mapping of forest cover types, Purdue Univ., 105-109.

ESTABLISHMENT OF DIGITAL TERRAIN MODEL SUBSYSTEM IN RESOURCE INFORMATION SYSTEM

Ju Hongbo

(The Research Institute of Forest Resource Information Technique CAF)

Abstract Digital terrain model (DTM) is an important component of a resource information system. The DTM with netted texture has the advantage of fixed position and altitude. It has many uses. This paper described in detail the principle and method of altitude data extraction, slope and aspect data calculation, change of net density, establishment of terrain model and three dimension map-making. The function of the DTM subsystem under microcomputer environment was also introduced. The DTM established within this subsystem can be used in image processing of remote sensing, classification of vegetation, stratification of site condition, map-making of slope and aspect. It can also be used in selecting road, quantity calculation of earthwork, selecting location of reservoir, calculation of dam height and capacity of reservoir, disaster estimation of floodwater and so on.

Key words information system, digital terrain model, microcomputer

《森林水文研究》征订启事

(林业译丛7)

陈利华、余新晓、董源等编译

大32开 108千字 142页 平装估价: 1.85元, 邮费为估价的10%, 个人购书每15元收邮挂费0.12元(不足15元, 按0.12元收费)。1989年2月出版。

本译丛包括19篇有关森林水文研究的文章, 选自近年来美国、日本、澳大利亚、苏联、加拿大和新西兰等国的有关学术刊物、会议论文集等。内容主要有森林与水资源的关系以及森林与水质、泥沙和土壤侵蚀的关系。此外, 还有部分关于森林公益效能利用的文章。

发行地址: 北京市和平里胜古西庄

开户银行: 中国工商银行北京市和平里分理处

帐号: 891316—28

电话: 421·4786

(中国林业出版社发行部)