

规则格网数字高程模型的建立

沈映政, 董云, 李北方

(云南国土资源职业学院, 云南 昆明 650217)



摘要: 基于规则格网的数字高程模型和基于不规则三角网的数字高程模型是目前数字高程模型的 2 种主要结构。研究了基于规则格网数字高程模型 (DEM) 的建模原理和方法, 分析了建立 DEM 的精度影响, 并建立了模型, 实现了算法。结果表明, 逐点内插法十分灵活, 内插效率较高, 精度较高。

关键词: 数字高程模型; 空间插值; 精度

中图分类号: P208

文献标志码: B

文章编号: 1672-4623 (2012) 01-0153-02

数字高程模型 (DEM) 是表示区域上地形的三维向量的有限序列 $\{V_i = (x_i, y_i, z_i), i=1, 2, 3, \dots, n\}$, 其中 (x_i, y_i) 表示平面位置; (z_i) 表示高程, 是数字地形模型 (DTM) 的一个分支。一般认为, DTM 是描述包括高程在内的各种地貌因子 (如坡度、坡向、坡度变化率等) 在内的线性和非线性组合的空间分布。

1 DEM 数据采集概述

为了建立 DEM, 必需测量一些地形点的坐标, 这就是我们通常所说的 DEM 数据采集, 被测量坐标的这些点称为数据点, DEM 的建立关键在于数据采集。高程数据在地形图上主要用等高线表示, 离散点的高程数据注记尤为重要。例如地性线、坡度变化转折线等, 它们是地形起伏的主要控制数据, 因此, 在进行 DEM 数据采集时, 这些地形地貌特征点的数据是首选。但是由于地形变化没有任何数学规律可循, 因此 DEM 模型的精度主要取决于离散点数据的采集。在特定的地形地貌条件下, 数字高程模型的精度和离散点数据采集的疏密程度之间基本上是呈线性关系变化的。因此, 数字高程模型的精度主要是受野外数据采集时点的密度和地形特征点的选取影响; 然而数据采集的密度太大, 又将增加数据采集的工作量和数据的冗余度。因此, 在进行 DEM 数据采集时一定要注意数据采集的密度和地形特征点的采集, 只有保证数据采集的真实性、合理性、可靠性才能够保证 DEM 的精度。

2 数据编辑处理

所采集得到的原始野外数据要进行一定的加工处理才可以使用。数据加工处理就是以野外采集得到的离散点和地形特征点作为基础, 用数学模型来模拟地形地貌, 通过加密离散点, 确定模型的特征点。数据

加工处理主要包括数据格式转换、坐标变换、数据编辑、数据内插等。

2.1 数据格式转换

不同的数据生产者在获取数据时, 采用的数据采集平台各不相同, 地理几何数据和属性数据存储方式和表现方法也不相同。不论何种平台, 地理几何数据可以归结为至少包括点、线、面 3 种要素, 但在地图符号化的表现方式以及空间关系的组织上, 就不能简单地进行转换使用。属性数据的组织虽然也各不相同, 但一般都采用表的形式, 只要找到对应的字段映射关系就可实现转换, 相对几何数据更易于实现在不同平台间的相互转换。数据格式转换是 GIS 获取空间数据、共享空间数据的常用手段。

2.2 坐标变换

采集完毕的数据, 由于原始数据来自不同的空间参考系统, 或者数据输入时是一种投影, 输出时是另外一种投影, 造成同一空间区域的不同数据, 它们的空间参考有时并不相同。为了空间分析和数据管理, 经常需要进行坐标变换, 统一到同一空间参考系下。坐标变换的实质是建立 2 个空间参考系之间点的一一对应关系。常用的坐标变换的方法如图 1 所示。

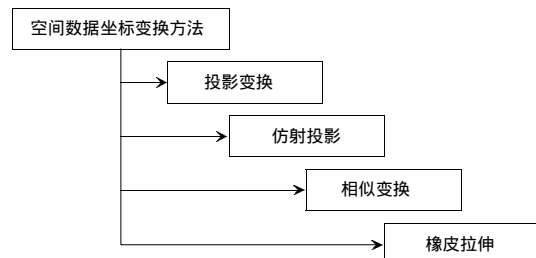


图 1 坐标变换常用方法

2.3 数据编辑

由于数据源本身的误差, 以及数据采集过程中不可避免的错误, 使得获得的数据不可避免的存在各种

错误。为了“净化”数据，满足 DEM 精度的要求，在采集完数据之后，必须对数据进行必要的检查，数据编辑是数据处理的主要环节，并贯穿于整个数据采集与处理过程。

2.4 数据加密

DEM 建模时，为了保证 DEM 不失真和精度要求，在每条等高线上进行了加密，产生了更多的数据。加密的方法有很多，目前最常用的是数学光滑的方法，它可以很好地保证加密的精度。

2.5 数据内插

内插方法的选取决定着 DEM 的精度，因此，在 DEM 内插时，一定要选择好插值函数。所谓 DEM 的内插，就是用一种根据已知数据点（样本点）可以近似地代替一定区域内的表面空间形态的数学模型，通过计算机的运算内插出按一定要求分布的格网点的高程值，在数学上叫曲面拟合。体现渐变特征的内插以能较好地表示连续的空间渐变模型为原则，该类内插方法主要有线性内插、多项式内插、样条函数内插、最小二乘趋势内插、傅立叶级数内插及平均移动法内插等。由于各个区域的地表形态不同，因此在整个区域内不能用同一个插值函数进行插值，而是应该把整个区域划分为若干不同的小区域，分别利用不同的插值函数进行插值拟合。

3 DEM 空间插值（格网化）程序设计

3.1 设计思想（如图 2 所示）

1) 算法：距离加权值法。首先建立 $N \times M$ 个格网，取 4 或 8 个已知数据点来计算待插点的高程。本程序中，取 $n = 4$ 进行计算。

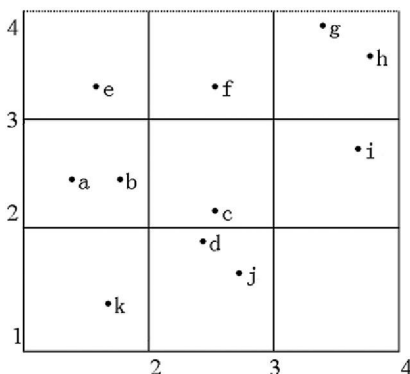


图 2 插值点选取示意图

2) 样点选取：以待插点为中心在相邻的 4 个格网中各取 1 点来计算待插点的高程。如 $P_{3,3}$ 的计算样点为 {f, c, i, g}。从图 2 可知边界的格网不能达到此要求。为了保证边界格网也能满足要求和待插点的精度，最终建立的网格单元的个数为 $(N-1+2E) * (M-1+2E)$ 。

3) 样点距离计算：一般情况都是按最短距离进行选取，因此要计算待插点和已知数据点之间的距离，通过 $d_i = \sqrt{(x-x_i)^2 + (y-y_i)^2} + \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$ 来进行计算。

这种计算方法计算量很大，因此本程序采用 $L_i = |\Delta x| + |\Delta y|$ 来代替距离 d_i 。在本程序中 L_i 只是用来判别距离，实际距离还是用 d_i 计算。

4) 样点搜寻：在所有的已知点数据中通过最短距离进行搜索，当数据量比较大时，耗时亦很多。为了提高运行速度，本程序采用了动态数据链接技术为每一个网格建立 1 条动态数据链，根据 x_i 、 y_i 值计算出它们所在的网格，并组成以网格单元为单位的集合。这样，插值格网点坐标时，便可从四周网格中直接取样点。

3.2 算法实现

1) 流程图如图 3 所示。

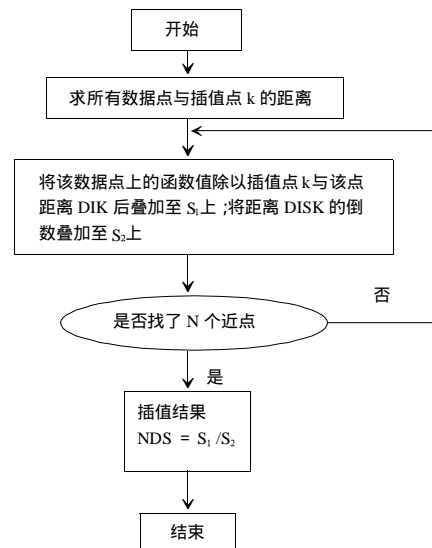


图 3 算法设计流程图

2) 算法如下：

```

const
n=40000;
Type point=record;
x, y, z: single; //定义样点的平面坐标及高程值
end;
mesh=^nodetype;
Altitude: single; //参考点的高程值
x, y: single; //参考点的平面坐标
next: mesh; //指向下一个参考点
end;
.....
.....
procedure grid (ddata: data; dem: array; kk: integer);
//kk: 样点点数

```

(下转第 157 页)

地图表达中的层级构建提供帮助和指导。

参考文献

[1] 万自露,沈佳洁.GIS 空间数据与地图制图融合技术[J]. 地理空间信息, 2010(03):138-140

[2] 龙翼,沈婕,周卫.GIS 空间数据的分析与制图一体化策略[J]. 测绘科学技术学报, 2006, 23(4):300-303

[3] 胡鹏,李圣权,亢江妹.空间数据问题与 GIS 发展的思考[J]. 武汉大学学报, 2005, 30(9):797

[4] 王佐成,薛丽霞,李永树,等.空间数据挖掘知识的地图可视

化表达[J]. 计算机应用研究, 2006(02):253

[5] 潘燕.一种基于 GIS 的专题地图制作模式[J]. 测绘通报, 2005(09):38-40

[6] 周迪明,林依勤.GIS 属性数据不确定性及其传播研究[J]. 计算机工程, 2010, 36(6):250

[7] 杜道生,高文秀,龚健雅.GIS 专题数据综合的研究[J]. 地理与地理信息科学, 2003, 19(3):1-3

第一作者简介:严斌,硕士,研究方向为地图制图与 GIS 应用。



(上接第 154 页)

```
var griddata: grid; IJK: integer;
begin
.....
end;
for I: =0 to mm-1 do begin
  for j: =0 to nn-1 do begin
    ..... //建立每一个风格的动态数据链表
  end;
end;
for I: =0 to mm do begin
  for j: =0 to nn do begin
    ..... //搜索每一个网格待插点的样点并计
算待插点的高程值
  end;
end;
```

4 结 语

数字高程模型的建立与应用的研究,越来越受到

人们的重视,特别是地形的可视化的研究更是倍受关注。本文论述了基于规则网格数字高程模型 (DEM) 的建模原理和方法,分析了建立 DEM 精度影响,并建立了模型,实现了算法。结果表明,逐点内插法十分灵活,内插效率较高,精度较高,计算方法简单又不需很大的计算机内存,因此逐点内插法是目前 DEM 生产中常用的内插方法。随着算法的不断改进和完善,DEM 生成效率和精度的不断提高,其应用前景将十分广阔。

参考文献

[1] 黄健.数字高程模型的质量检查[J].测绘通报, 2002(2):55-56

[2] 沈映政.居民地自动综合技术与软件开发[D].昆明:昆明理工大学, 2008

[3] 李志林,朱庆.数字高程模型[M].武汉:武汉测绘科技大学出版社, 2000

[4] 陈敬周.数字高程模型的生成与应用[D].太原:太原理工大学, 2007

[5] 潘贵红.GIS 中数字高程模型的建立与应用研究[D].北京:中国地质大学, 2005

[6] 张永生.遥感图像信息系统[M].北京:科学出版社, 2000

第一作者简介:沈映政,硕士,研究方向为测绘工程技术、地图自动综合。

下期论文导读

胡诚 边馥苓:基于 P2P 和 KML 的地理空间信息服务

针对传统 C/S 架构下服务器性能和网络传输限制等问题,在分析了基于 P2P 技术和 KML 地理空间信息服务的特点及其协作方式的基础上,设计了两相结合地理空间信息服务架构,并结合数字城市项目应用对模型加速数据传输的有效性进行了验证。

blue dragon work city building no. 13, introduced the layout and observation period to make the point, including benchmarks laid and benchmark nets stability do detail, and the observation data with the building of the graph analysis of deformation and made corresponding conclusion

Key words settlement , benchmark ,data analysis (Page:146)

Application of Optical Collimation Surveying Technique in Industrial Surveying System by QIN Jie

Abstract In the precision engineering measurement, manufacturing and installation of large equipment , make a higher request about measurement. Through research of technology about plane mirror collimate and cube mirror collimate, this paper used MetroIn system establishment or restoration of high precision of coordinate system, achieved the purpose of manufacturing and installation high precision equipment. This method became one of the key research direction about the field of precision engineering measurement.

Key words theodolite ,cube mirror collimate ,plane mirror collimate (Page:148)

Contour Application in the Formation of Special Landscape Earthwork Calculation Database by GUI Xiaomei

Abstract Combined with a detailed example of earthworks, it described how to use the contour in the formation of special landscape earthwork calculation database applications. The method exploited the contour could quickly generate a lot of elevation characteristics of the database to encrypt a particular landscape (such as shrimp ponds, fish ponds, etc.) of elevation, making the value of earthwork estimates closer to actual value, assuring earth-moving calculation accuracy and improving efficiency.

Key words contour , the special relief , earthwork calculation , database ,CASS software (Page:151)

Establishment of Digital Elevation Model Based on Rules Grid by SHEN Yingzheng

Abstract The digital elevation model based on rules grid and the irregular triangle network digital elevation model are two kinds of main structure. Based on rules grid digital elevation model (DEM) modeling principle and method, this paper analyzed the influence, and established DEM precision established model, realized the algorithm. The results showed that point-by-point admixture-frequency syntheses was very flexible, high efficiency, interpolated accuracy

Key words digital elevation model ,spatial interpolation ,precision (Page:153)

Application of GIS Data in the Visualized Expression of Thematic Maps by YAN Bin

Abstract On the basis of the relationship between GIS data and map expression and the conflict between them, this paper combined mapping for forestry planning, and proposed the idea that the construction of data selection system and classification system of map expression tier, and the integration of analysis and mapping could achieve the fusion of GIS data and map expression and improve thematic mapping.

Key words GIS data , map expression , mapping for forestry planning , tier of map expression (Page:155)

Concept of Standardizing Large Scale Topographic Map Division and Code by CHEN Zhiyao

Abstract Based on the analysis and comparison of existing national-scale topographic maps and large-scale topographic map division and code, this paper present a new large-scale topographic map division and code method suit for nationwide scope. According to the relationship between the map division code and geographic coordinates, it also gave examples to explain two common applications.

Key words large scale , topographic map , map division and code , standardizing (Page:158)

Design and Call of TrueType Point Symbol Library by FENG Jianqing

Abstract Geographic information software now can not meet the requirements of the drawing. This article described point symbol on the CorelDraw software platform with designing methods and production techniques in detail, combined with FontCreator software packaging symbols to compile point symbol library. According to this method , users can create maps of various point symbol library based on the actual needs of them, by calling TrueType symbol used in the actual project.

Key words cartographic technology , CorelDraw , FontCreator , map symbols ,design ,TrueType (Page:161)

Design of Automatic Thematic Map Making of Oceanic Observation Data Based on ArcEngine Developing Environment by CAO Lijuan

Abstract Takeing the atmospheric and oceanographic data for instance, this paper expatiated based on ArcEngine developing environment, according to different subject load the ArcGIS cartography template dynamically, extracted and calculated data from spatial database, and modified the attributes of template by each subject, further realized the automatic batch thematic map making function of oceanic observation data.

Key words ArcEngine , cartography template , thematic map (Page:164)

1:50 000 Database Downsizing Update Technical Process by LI Wenqian

Abstract This paper introduced the operation procedure of 1:50 000 database downsizing update process. It focused on the technical process of 1:10 000 to 1:50 000 topographic features downsizing update production. Combined with the application of key technology, it put forward to optimized operation technology process. It can play a multiplier effect to improve the efficiency of database downsizing update.

Key words 1:50 000 database, update of downsizing, operation procedure, discussion (Page:169)

Construction and Reform on Graduate Course of Image Processing and Analysis by JIA Yonghong

Abstract Image Processing and Analysis, since it won boutique graduate courses of Wuhan University in 2006, is the first general education course opened by school of remote sensing information and engineering school for the whole graduate students of surveying and mapping. The construction and reform about teaching content, teaching materials, teaching methods and means, cyber source were carried by curriculum group. Its achievement had being used in the teaching practice and had obtained the fine teaching effect.

Key words Image Processing and Analysis, course construction, teaching reform, general course (Page:171)

Research on the Improvement of Surveying and Mapping Geographic Information Legality Construction by SU Kan

Abstract This article pointed out the main problems in the construction of laws and regulations about the Surveying and mapping geographic information. It also put forward the countermeasure to strengthen the construction of laws and regulations about Surveying and mapping geographic information.

Key words mapping geographic information legislation , legal construction ,legal consciousness (Page:173)