

利用 DWG 数据建立 DEM 关键技术研究

汪自军¹ 陈圣波¹ 湛邵斌² 孟治国¹ 杨春燕¹

¹ (吉林大学地球探测科学与技术学院 吉林 长春 130026)

² (深圳信息职业技术学院信息技术研究所 广东 深圳 518026)

摘 要 DWG 数据的图形和属性分离特性,使 GIS 软件难以直接基于 DWG 数据生成 DEM。首先阐述利用 DWG 数据提取并基于阈值 + 最小距离与人工辅助技术匹配高程点和高程注记,进而建立 DEM 的关键技术。设计了 WzjGIS 系统,实现了高程信息提取与匹配、DEM 生成与显示及 3D 分析一体化。最后以长春市鹿乡镇 DWG 数据为例,建立了 DEM 并进行了 3D 分析。

关键词 DWG 地形图 提取 匹配 高程 DEM

ON KEY TECHNIQUES OF CREATING DEM FROM DWG DATA

Wang Zijun¹ Chen Shengbo¹ Zhan Shaobin² Meng Zhiguo¹ Yang Chunyan¹

¹ (College of Geoplore Science and Technology, Jilin University, Changchun 130026, Jilin, China)

² (Institute of Information Technology, Shenzhen Institute of Information Technology, Shenzhen 518026, Guangdong, China)

Abstract The figure and its attribute are separated in DWG data, this characteristic makes it difficult to create DEM from DWG data directly by GIS (geographical information system) software. We firstly present in detail the key techniques that extract elevation points and their elevation annotation and match these by Threshold + Minimum Distance and Artificial Supplementary techniques followed by creating DEM, from DWG data. Then a software, WzjGIS system, is designed. By the system, the elevation data and their attributes can be extracted and matched, and DEM can be created and visualized. Furthermore, 3D analysis, like slope analysis, is performed in this system. Finally, Luxiang town in Changchun is chosen as an example to create DEM and to do 3D analysis from its DWG data.

Keywords DWG topographic map Extract Match Elevation Digital elevation model (DEM)

0 引 言

随着计算机技术和 GIS 技术发展,许多领域对地形分析提出了越来越高的要求^[1-6],二维数据在地形分析方面显得无能为力,DEM 已成为目前地学地形分析的主要手段。DEM 表示区域 D 上地形三维向量有限序列 $\{V_i = (X_i, Y_i, Z_i), i = 1, 2, 3, \dots, n\}$,其中 (X_i, Y_i) 是平面坐标, Z_i 是 (X_i, Y_i) 对应的高程^[2]。20 世纪 80 年代美国麻省理工学院 C. L. Miller 首次提出 DEM 的概念^[7]。此后广泛应用于工程计算、地图制图^[8-10]、3D 分析及虚拟现实搭建等^[11-13]。

DEM 数据可以通过地面测量、空间传感器采集、数字摄影测量及地图数字化等方法获取^[3]。AutoCAD 是测绘部门应用最多的绘图软件, DWG 地形图分布广泛,目前一般以此建立 DEM。由于应用 AutoCAD 的目的和软件功能限制, DWG 地形图中一个层可以放置地物的所有数据,包括空间数据和属性数据^[14],高程点只提供平面坐标,其高程属性以文本注记方式表现出来,图形和属性之间的联系仅体现在平面位置上的靠近^[15],这种图形和属性间的割裂造成了 DWG 数据难以用 GIS 软件直接应用生成 DEM。目前从 DWG 数据中提取高程点常采用先提取高程点和高程注记,然后利用距离关系使其匹配的方法。马文祥等在 AutoCAD 中利用 VBA 技术通过设置距离上限实现高程信息提取匹配^[15],解云琳等在 Map Info 中编写 MapBar-

sic 程序采用阈值进行了高程信息匹配^[16]。本文在研究过程中,利用分割、过滤、剔除与 GIS 等技术快速地进行高程信息的提取与匹配,在匹配时不仅采用阈值原理,还提出了与最小距离原则和人工辅助配合的手段来提高匹配效率和准确率。在 VC# .NET 中开发了提取匹配高程信息并建立 DEM 与 3D 分析系统 (WzjGIS),以长春市鹿乡镇为例,实现了基于 DWG 地形图的 DEM 建立及 3D 分析。

1 DEM 建立

1.1 高程信息提取

在 DWG 数据中进行高程信息提取包括高程点和高程注记的提取,首先选择实体到选择集中,此时采用图层过滤手段,只将要提取的实体层中实体加入到集合中,可以减少搜索实体的时间。不同实体获取平面坐标的函数不尽相同,如果高程点是单一类型或多种明确类型,就可根据类型分类提取。由于 DWG 数据中高程点可能是点、块、块参考或其它不明确类型,利用 GIS 数据转换工具把多类型高程点统一转换成点类型,即可按单一类型提取。高程注记提取高程值属性的同时,还要提取平面坐标以便和高程点匹配。

收稿日期:2007-07-25。国家“八六三”高科技研究发展计划(2006AA12Z102)。汪自军,硕士生,主研领域:3S 技术与应用。

1.2 高程信息匹配

提取的高程注记平面坐标是不准确的,但拥有准确的高程属性,关键在于将高程值与根据高程点提取的准确平面坐标相匹配,组成高程点数据。依据阈值+最小距离原则可以有效解决高程点坐标与注记匹配的效率和准确率问题,设置阈值(也是最小距离初值)的同时采用最小距离来匹配高程信息,使得在找到多个满足阈值情况下仍能按最小距离原则自动匹配。从坐标集合第一条记录开始循环遍历注记集合,寻找满足阈值且距离最小的高程注记,提取该注记高程值与高程点坐标并删除该注记记录,直到完成所有高程点匹配。

多个注记满足阈值条件时按最小距离进行高程匹配时,有些情况匹配是不正确的,如图 1 所示,1 点将与距其最近的 204.4 匹配,2 点没有注记与之匹配,3 点和 4 点将互相匹配错误。如果满足阈值注记个数为 0,则可能是阈值过小、存在孤立点或相邻点匹配错误引起的,如果有剩余注记记录可能存在孤立注记。所以在提取高程信息的同时还应提取相应满足阈值条件注记个数,只要个数不为 1,就需人工辅助检查。

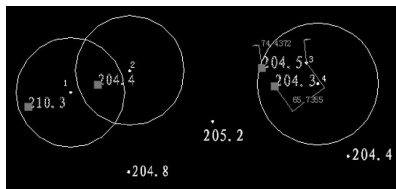


图 1 高程信息错误匹配

如果在数据准备阶段对 DWG 数据进行了适当分割,匹配过程中适时删除匹配完成注记记录,将会大大提高匹配速度。点数为 T 的地形图数据在匹配过程如果不适时剔除注记记录,要循环 $T \times T$ 次,若分割地形图为 n 幅且适时剔除匹配注记记录,最坏循环次数就减为 $T/n \times T/n \times 1/2 \times n = T \times T / (2n)$,为原来的 $1/(2n)$ 。图 2 是在同一台 PC 机上对不同地形图测试的匹配时间,横坐标为分割后单幅图点数,以 $1/2$ 比例递减,纵坐标为匹配时间,完成总匹配时间也应以 $1/2$ 比例递减。图中单幅匹配时间不断减小,而点数在 2900 - 730 时的总匹配时间与 $1/2$ 比例稳合,且在点数为 365 时达到最小 80 秒,考虑分割耗时,最终分割图形单幅点数宜为 1000 左右。

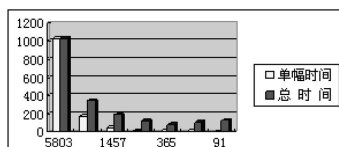


图 2 高程信息匹配时间比较

1.3 DEM 建立

DEM 的主要表示模型有离散点模型、等高线模型、断面线模型、层次地形模型 (LOD) [17,18]、规则格网模型和 TN 模型 [19-21]。利用离散高程点,选择反距离内插模型构建规则格网 DEM,高程点在 XOY 平面上投影为 $D_i(x_i, y_i)$,各自高程 $z_i (i = 1, 2, \dots, n)$, $P(x, y)$ 为任一格网点, $d(P, D_i)$ 为 P 与 D_i 之间的距离, z 值是 $D_i(x_i, y_i)$ 的 z 值加权平均结果, W_i 是权函数,影响程度与距离成反比,则有下面建立 DEM 模型:

$$z = \begin{cases} \frac{\sum_{i=1}^n (W_i \cdot z_i)}{\sum_{i=1}^n W_i} & d_i \neq 0 \\ z_i & d_i = 0 \end{cases} \quad (1)$$

经过高程信息提取与匹配后得到高程点表格数据,将其转

换成为 shp 格式后即可建立 DEM,流程如图 3 所示。



图 3 基于 DWG 数据建立 DEM 流程

2 WzjGIS 系统实现

为了使利用 DWG 数据建立 DEM 的过程具有快速、方便、易操作性,基于 AutoCAD ActiveX Automation 与 ArcObjects 二次开发技术,在 Visual C# .NET 中研发了 WzjGIS 系统,不仅实现了从 DWG 数据提取并匹配高程点数据与建立 DEM 的一体化,还设计了 3D 浏览、场景设置与 3D 分析等五大功能模块,如图 4 所示。数据输入负责加载 DEM 源数据和纹理影像,DEM 生成完成从 DWG 中提取高程信息并生成 DEM,场景设置主要设置 DEM 及相关图层的显示,浏览显示提供三维地图基本浏览和查询功能,3D 分析可基于 DEM 进行坡度分析、通视分析和等高线生成。图 5 为进行坡度分析的系统主界面。



图 4 系统功能结构

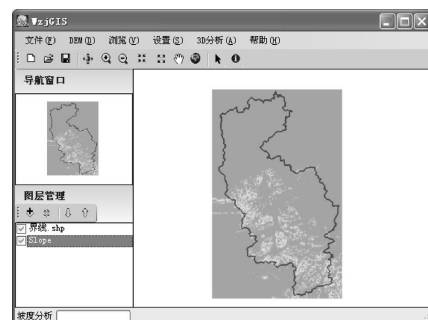


图 5 系统主界面

3 应用实例

以吉林省鹿乡镇为例,基于 1:1 万 DWG 地形图建立 DEM,并进行坡度分析。首先把地形图分割成 7 幅处理图,利用提取

高程点工具提取并匹配高程信息(如图6所示),图6中(a)为高程点提取界面,处理完全部图幅后,再将各幅数据合并到一个数据表格中,如图6中(b)所示。



(a)提取并匹配高程点信息

ID	X	Y	Z
1	471700.8	4833089	199.8
2	472365.6	4833011.9	199.8
3	472080.3	4833037.2	200.2
4	472353.2	4832119.4	200.4
5	472315.5	4833425.9	200.4
6	472254.5	4833215	200.6
7	472197.4	4832961.4	200.6
8	471787.9	4833214.4	200.8
9	471887.4	4833349.4	200.8
10	472005.5	4832872.2	200.8

(b)生成的DEM数据

图6 基于DWG数据生成DEM数据

经人工检查无误后就可以利用生成高程点工具生成Shape格式数据,如图7所示。图8是基于Shape高程点数据生成的DEM。

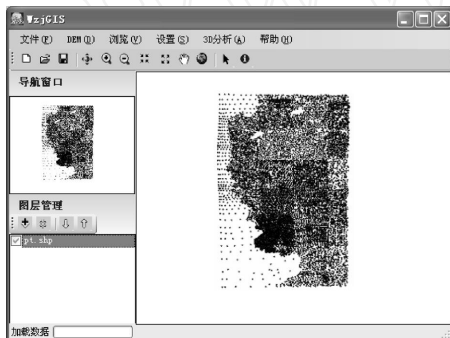
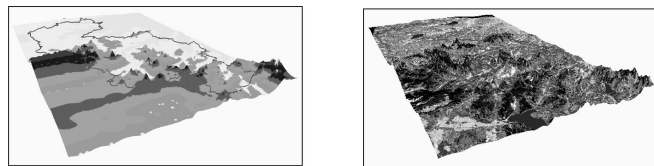


图7 高程点数据



(a)未加载纹理影像的DEM

(b)叠加地表纹理后效果

图8 鹿乡镇DEM

图8中(a)为未加载纹理影像的DEM,(b)是叠加地表纹理后效果。基于DEM进行坡度分析结果,从绿色到红色坡度递增,可以看出北部坡度较小,大坡度集中在鹿乡镇西南,结合植被覆盖率等数据可以进行水土流失等分析。

4 结束语

在DWG数据中进行了高程点和高程注记的提取,为了加快在大量DWG数据中提取实体信息速率,提出了图形分割、图层过滤、注记剔除与GIS等关键技术,在高程信息匹配中采

用阈值+最小距离原则和人工辅助方法,提高了匹配的效率和准确率。基于提取后的离散高程点数据,建立了DEM并实现了坡度分析、通视分析及等高线绘制。基于AutoCAD和ArcGIS二次开发技术在VC#NET开发了WzjGIS系统,实现了上述功能的一体化。并通过WzjGIS系统,以长春市鹿乡镇为例,由1:1万DWG地形图数据建立了DEM,并进行了坡度分析、通视分析和等高线绘制等3D分析。

参考文献

- [1] Fukue. Simple DEM Generation Method from a Contour Image[J]. IAPPS, 1990, 28(4): 347-355.
- [2] 王家耀. 空间信息系统原理[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [3] 邬伦, 刘瑜, 张晶, 马修军, 韦中亚, 田原. 地理信息系统——原理、方法和应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [4] 周云轩, 王磊. 基于DEM的GIS地形分析的实现方法研究[J]. 计算机应用研究, 2002(12): 50-53.
- [5] Band L E. Topographic partition of watershed with digital elevation models[J]. Water Resource Research, 1986, 22(1): 15-24.
- [6] Pilesjo P, Zhou Q, Harrie L. Estimating flow distribution over digital elevation models using a form-based algorithm[J]. Geographical Information Science, 1998, 4(1-1): 44-51.
- [7] Miller C L, Laflamme R A. The Digital Terrain Model-Theory and Application[J]. Photogrammetric Engineering 24. 433-442.
- [8] Costa-Cabral M C, Burges S J. Digital elevation model networks(DEMON): A model of flow over hillslopes for computation of contributing and dispersal areas[J]. Water Resource Research, 1994, 30(6): 1681-1692.
- [9] 张立强, 童小华, 杨崇俊, 刘冬林. 三维地形的动态生成及空间分析[J]. 同济大学学报, 2003, 31(6): 739-742.
- [10] Shapnack D A, Akin G. An Algorithm for computing slope and aspect from elevations[J]. Photogrammetric Survey, 1969, 35: 247-248.
- [11] Nomura J, Sawada K. Virtual Reality Technology and Its Industrial Application[J]. Control Engineering Practice, 1999, 7: 1381-1394.
- [12] Lange E. The Limits of Realism: Perceptions of Virtual Landscapes[J]. Landscape and Urban Planning, 2001, 54: 163-182.
- [13] 郭利华, 龙毅. 基于DEM的洪水淹没分析[J]. 测绘通报, 2002, 11: 25-30.
- [14] 钟世彬, 郑贵洲. AutoCAD和MAPGIS间的数据转换[J]. 测绘科学, 2005, 30(3): 97-98.
- [15] 马文祥, 金芳丽. 在AutoCAD中实现高程信息的快速提取[J]. 测绘通报, 2006, 3: 54-55.
- [16] 解云琳, 彭明军. 用Map Info快速提取高程点信息[J]. 测绘通报, 2003, 1: 48-50.
- [17] Losa A de la, Cervelle B. 3D Topological Modeling and Visualisation for 3D GIS[J]. Computers & Graphics, 1999, 23: 469-478.
- [18] Kunler M P. An intensive comparison of triangulated irregular networks (TINs) and digital elevation models (DEM) [J]. Cartographica, 1994, 31: 1-9.
- [19] Garbrecht J, Martz L W. Grid size dependency of parameters from digital elevation models[J]. Computer and Geosciences, 1994, 20(1): 85-87.
- [20] 吴立新, 史文中. 地理信息系统原理与算法[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [21] Lee D T, Schachter B J. Two Algorithms For Constructing a Delaunay Triangulation[J]. Int J of Computer and Information Science, 1980, 9(3): 219-242.