

1:10000DEM 生产工艺改进方法研究和应用

祝晓坤, 岳京宪, 李 鸣

(北京市测绘设计研究院, 北京 100038)

[摘要] 归纳了基于 ArcGIS平台, 利用地形图数据库生产 1:10000DEM 的工艺流程。并从以下两方面对 DEM 生产工艺流程进行改进: 一、首次提出采用距离权法自动内插生成三维(3D)特征线, 有效减少、甚至消除 TIN 产生的“平台效应”; 二、针对生成的 DEM 数据, 文中还提出一种大样本自动采样的精度评价方法, 减少人工检查工作量。试验证明改进工艺流程能有效提高作业效率, 改善 DEM 产品精度, 使 DEM 产品更贴合实际地形, 可用于 DEM 数据的快速生产。

[关键词] 地形要素 DEM 精度评价 ArcGIS

[中图分类号] P208

[文献标识码] A

[文章编号] 1007-3000(2007)03-4

数字高程模型(DEM)是测绘生产的基础数据之一, 可用于土地利用现状的分析、城市规划、土方量的填挖、水库容量的计算、洪水险情的预报与评估等^[1]。随着测绘市场需求的不断增加, 保证 DEM 数据成果的现势性及数据质量成为测绘生产迫在眉睫的任务之一^[2]。而采用传统的航测数据进行 DEM 的生产虽然加工精度较高, 但存在生产周期长、成本高、资料获取受限等缺陷^[3], 为了提高 DEM 数据生产效率, 加快 DEM 生成周期, 可利用不断更新的 1:10000 数据库中的地形要素生产 DEM, 该方法可以节省成本, 减少加工时间, 虽然生产得到的 DEM 精度低于航测法 DEM 生产精度, 但通过增加特征点、线和合理的人机交互编辑提高 DEM 生产精度, 使其满足规范精度要求。

利用地形要素生产 DEM 的方法很多, 有基于地形图建栅格网读网点高程的方法, 有基于 DOS 操作系统的 HIMI 法, 现较流行的是基于 TIN 三角网内插和基于 GRID 内插或将两种结合内插建 DEM 的方法^[4,5], ESRI 公司的 ArcGIS 以及国内 GeoStar 公司的 GeoTin 均采用了此方法。本文主要给出基于 ArcGIS 平台, 利用地形要素进

行 DEM 生产的生产工艺流程, 并对其中的关键问题进行分析 and 实现。

在该生产工艺流程中, 三角网(TIN)在山脊、山谷、山顶等区域若没有添加三维的特征点、线, 会导致出现大量的“平台”, 不符合实际地形, 降低了 DEM 精度^[6], 常规作业需要增加在立体条件下得到的三维(3D)特征线, 文中将对产生该“平台”的原因进行阐述, 并提出一种在非立体环境下, 自动内插生成 3D 特征线的方法。此外, 传统 DEM 精度评价方法主要采用了人工选点的方式, 但是存在点数少、效率低、不能反映全部地形、地貌等缺陷, 针对这一点本文还提出了一种自动生成大量采样点的精度评价方法, 不但可以减少人工选点工作量, 而且还可以辅助检查地形要素属性错误。本文将从上述两方面对生产工艺进行改进。

1 基于地形要素 DEM 生产工艺流程

基于 ArcGIS 数据加工平台, 对 1:10000 数据库中已有的地形、地貌要素进行加工、构 TIN、进行 DEM 制作, 主要工作流程如图 1。参与构 TIN 的地形要素包括高程点、等高线、线状或面状水域、陡坎等, 生成 DEM 网格间距为 5m。

[收稿日期] 2007-03-28

[作者简介] 祝晓坤(1981—), 女, 山西长治人, 工学硕士, 助理工程师, 主要从事航测遥感、地理信息系统等工作。

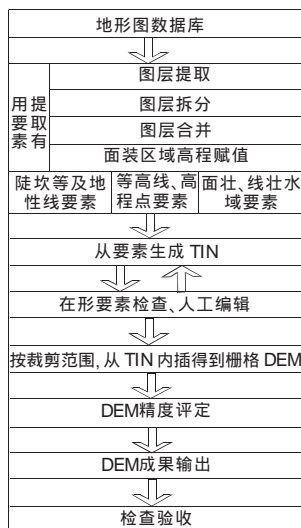


图 1 DEM 生产的主要工作流程

基于地形数据库进行 DEM 生产的主要工作步骤具体包括:

1) 提取有用的地形要素。经过试验分析, 参与构 TIN 的要素, 主要应包括等高线、高程点、单线河、陡崖等要素。为了提取有用地形要素, 主要需进行图层提取、图层拆分、图层合并和面状等值区高程赋值。

A. 由于数据库中参与构 TIN 地形要素与未参与构 TIN 的要素按照 1:10000 图幅合在一起, 包括控制点、居民地类等十一层, 其中有用图层是控制点、道路及附属设施、水系及附属设施、地貌和土质^①, 因此, 首先需要对图层进行提取。

B. 在此基础上, 由于同一地形要素图层中, 包括参与构 TIN 要素与未参与构 TIN 要素, 例如 contourln 层中包括首曲线、计曲线、示坡线、地类界等高线等, 其中示坡线、地类界是不参与构 TIN 的, 因此, 还需要进行图层要素拆分, 同时还要将构 TIN 设置不同的要素进行拆分。

C. 将构 TIN 设置相同的要素进行合并, 方便作业。最终每幅图将得到 3 个图层: 分别对应点操作 (mass) 图层、软线条操作 (softline) 图层、硬替换操作 (hardreplace) 图层。

D. 对于池塘、湖泊等高程近似等值, 需有经验的作业员根据周围的等高线, 对面状区域增加高程属性并赋高程值。

由于上述步骤中 A、B、C 主要采用地物编码逐个提取, 若采用人工提取方式, 工作量大、人工交互容易出现漏检、错检, 根据其可批量处理的特点, 本工艺基于 ArcGIS, 采用 VB 进行二次开

发, 实现有用要素的批量提取。

2) 从要素生成 TIN (构 TIN)。为了满足接边需要, 生产中将 9 幅 (山区) 或 25 幅 (平原) 1:10000 的要素同时参与构 TIN, 构 TIN 设置见表 1。其中, 对于散点和硬替换的图层高程源均应设为高程属性值, 对于软线条的图层高度源均应设为“无”。

表 1 不同要素构 TIN 设置表

图层名称	要素名称	构 TIN 设置
水域	常年河、时令河、干沟、沟壑、水涯线等线状水域;	软线条
	大面积池塘、水库、湖泊	硬替换
	小面积池塘、水库、湖泊	硬替换
地貌和土质	高程点、首曲线、计曲线	散点
	陡崖、崩崖、冲沟、石垄、坡坎、梯田坎、干河床、干涸湖等	软线条
	平沙地	硬替换

3) 地形要素检查和人工编辑。通过初步构 TIN 检查发现构 TIN 结果存在以下几种常见问题。可按照下述方法对其进行编辑:

A. 因大面积陡崖或水域等要素的分割, 导致等高线中断。由作业员手工连接等高线, 等高线较密地区, 连接中断等高线的首末位置等高线和主要的首曲线。

B. 在 TIN 上有明显颜色突变的点或线, 通常是等高线赋值或高程注记错误。应对其对应的等高线和高程点的高程属性检查、修改。

C. 由于山顶没有高程注记点而产生的“平顶”情况, 面积大于图上 25 平方毫米 (对应 1 个 DEM 单元) 时, 应增加高程注记点并赋值。

D. 对由于人工地物 (如大面积水域、大型堤坝等) 和其他因素引起的构 TIN 结果与地形图现状严重不符的问题, 应进行人工编辑, 主要通过增加三维特征线的方式。

E. 对于山脊、山谷中出现的“平台”面积大于 25 平方毫米时, 应增加 3D 特征线对 TIN 进行编辑。

4) 按裁剪范围, 从 TIN 内插得到栅格 DEM。按照图幅外扩 200 米的裁剪范围, 将 9 或 25 幅 (自由图边除外) TIN 内插得到栅格 DEM。其中, 输出栅格大小为 5, 高程因子为 1, 输出格式是 GRID, 该步骤主要采用基于 ArcGIS 二次开发的程序模块实现。

5) 精度评定。包括数据格式、数据范围、接边、

异常构 TIN 三角形、DEM 精度等方面的检查。对 DEM 精度检查的常用方法是反算等高线和选少量点与实际高程值进行比较。其中前者要求反算等高线与原始构 TIN 等高线不能相差半距等高线间隔。

2 生产工艺改进

2.1 距离权法内插 3D 特征线

ArcGIS 构 TIN 采用的是不规则德洛纳 (De launay) 三角网。在等高线曲线趋势变化大的地方,直接构 TIN 容易出现“平台效应”,需要增加特征点、线来进行调整。传统方法需要作业员在航测立体观测下手工跟踪山脊线、山谷线等 3D 地性线,为了减少作业员工作量,文中提出根据等高线分布、通过距离权内插法将平面跟踪的 2D 地性线转成 3D 地性线,一方面可以减少“平台效应”,提高 TIN 与实际地形的贴合程度;一方面可将 3D 作业环境转换到 2D 作业环境下,降低对作业员立体观测的要求,提高作业效率。

具体步骤和原理如下:

1) 绘制 2D 特征线。新建一个线图层,在 TIN 上“平台”区域,由作业员绘制 2D 特征线。

2) 由 TIN 生成 3D 特征线。利用 ArcGIS3D 分析模块的“矢量转换成 3D”,将 2D 特征线沿已构 TIN 表面形成 3D 特征线。通过该步转换,可得到特征线与等高线的交点以及各等高线间坡度变化点(即 2D 特征线经过 TIN 不同三角形的顶点)的高程值。

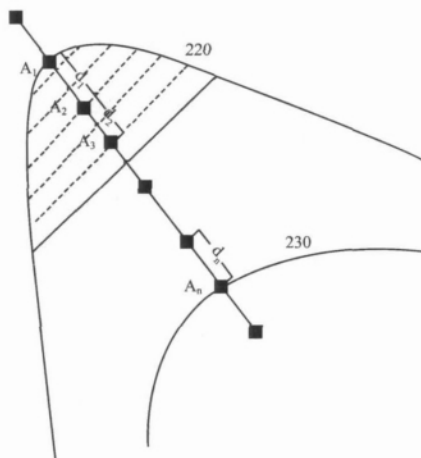


图 2 距离权内插法示意图

3) 距离权法内插 3D 特征线。该步主要将上述各节点在等高线间根据距离进行内插,去掉平台的等值点。距离权内插法原理如下:

图 2 中,两条弯曲的曲线是相邻的等高线,阴影部分是两条等高线间构 TIN 生成的“平台”, A_0, A_1, \dots, A_n 是线间节点, d_1, d_2, \dots, d_n 是两两节点间的距离,通过公式 1) 计算结点的距离权 P_k :

$$P_k = \frac{\sum_{i=1}^k d_k}{\sum_{i=1}^n d_i} \quad (k=1, 2, \dots, n) \quad (1)$$

则内插节点的高程 z_k 为:

$$z_k = z \pm P_k \times D \quad (k=1, 2, \dots, n) \quad (2)$$

其中, D 是等高线间距。 z 是 A_0 所在的等高线的高程值,由于是与等高线的交点,所以 z 也是 A_0 的高程值。2) 式中,当 A_0 的高程值大于 A_n 时,用“-”号;小于时,用“+”号。

该方法在 ArcGIS 平台上,通过 VB 进行二次开发。为了验证该方法的有效性,可以将用该 3D 特征线修改前后构 TIN 结果进行比较,见图 3。上图是未采用 3D 特征线修正的结果, TIN 上平台明显,平台处的高程等值;下图是采用距离权内插的 3D 特征线修正 TIN 的结果, TIN 上没有平台,山形较贴合实际地貌。此外,由于该方法没有遍历与等高线的交点,方法效率高,单幅图的内插运算时间在 0.5 秒内。

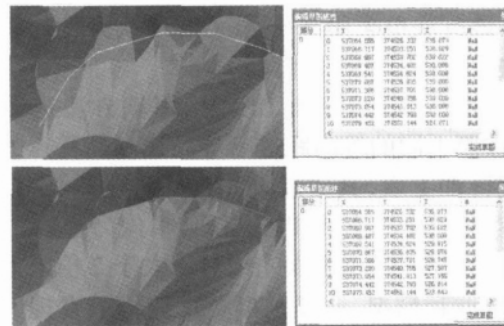


图 3 采用内插法和采用内插法的构 TIN 结果

2.2 大样本采集精度评价法

在 DEM 生产工艺的质量控制中,对 DEM 精度评定是重要的一步,通常对加工生成的 DEM 进行精度评定,是根据地形图高程点和等高线手工人工采点进行比较^[7]。这里提出一种基于地形要素自动生成采样点的精度评价方法,可进行批处理。步骤和原理如下:

1) 地形要素栅格化。选择参与评价的地形要素,如等高线和高程点等,将其转成栅格形式,栅格单元大小要与精度评定的 DEM 进行匹配,对

表2 检验精度评定表

数据类型	等高距	幅数	采样点数	最大值	最小值	限差 M)	中误差	[0,0.5M]	[0.5M,M]	[M,2M]	[2M,)]
等高线	1	318	2003825	35.968	-14.504	0.7	0.1467	1703844	216828	75505	7648
	5	294	25012475	28.065	-30.502	3.3	0.4952	24656250	321974	32224	2027
	10	321	28015704	370.078	-49.992	6.7	0.6633	27938033	71524	5704	443
高程点	1	318	4059	5.500	-2.405	0.35	0.1837	3861	82	69	47
	5	294	4269	3.135	-3.984	2.5	0.4854	4056	196	17	0
	10	321	4555	10.037	-8.558	4.0	0.9114	4289	222	41	3

于 DEM 为 5m 的情况, 可选择单元大小为 1, 这时栅格化后的所有地形点均为检查点数据。

2) 误差检测。采用 ArcGIS 空间分析模块的栅格计算器, 将栅格格式 DEM 数据与上述地形要素转换得到的栅格数据进行比较, 可以得到整幅 DEM 的地形误差图, 如图 4。

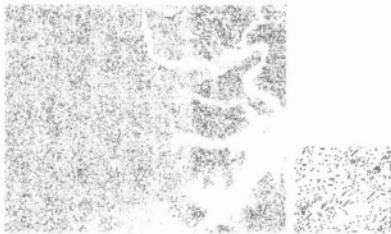


图4 整幅 DEM 的地形误差图(右端是局部放大结果)

3) 对误差值的统计分析。输出的误差点图是栅格数据, 由于检查点数目多, 符合统计样本要求。通过栅格计算器, 可以得到 DEM 误差分布的最大值、均值、标准偏差, 还可以统计超限点的个数和比例。

该方法也采用基于 ArcGIS 二次开发的软件模块进行批量统计、计算。

对全市域北京市 DEM 采用该方法进行评价, 按照不同的等高距进行等高线和高程点的误差统计如上表, 其中最大(小)值、限差、中误差单位为米, 采样点数和区间统计单位为个。

经过分析, 发现误差绝对值大于 2 倍限差的点, 有两种情况: 一是前期要素编辑未发现的地形错误, 导致错误构 TIN, 可根据该误差点图辅助进行要素修改, 回到上述步骤 3)。二是在一个栅格单元内包含多条的等高线, 即陡坎等等高线密集区域, 这种情况除提高 DEM 网格精度外, 无法避免, 属于正常情况。

4) 误差结果的统计输出。通过将栅格转换成 ASCII 格式, 可以查看点的误差值, 其中 -9999 表示为空值, 表示未参与运算, 其余均为各点的 DEM 误差值。

通过上述方法原理的阐述和应用分析, 该方法优点在于:

一、用于检验的样本数目多, 且覆盖全图, 避

免了人工选点的片面性;

二、评价方法简单, 且均可自动完成, 效率高;

三、样本分布满足统计要求, 可对误差进行统计分析;

四、经过误差图还可以发现高程异常点, 辅助发现前期地形要素编辑中的问题。

3 总结

本文汇总了基于 ArcGIS 加工平台利用地形要素生产 1:10000 DEM 工艺流程, 并对其中的各步骤方法进行了重点阐述。在此基础上, 针对特征线编辑和 DEM 精度评定, 对该工艺提出两处改进:

1) 为了消除 ArcGIS 构 TIN 的“平台”, 本文提出采用距离权法将 2D 特征线内插为 3D 特征线对 TIN 进行修正;

2) 针对 DEM 精度评价, 本文提出一种自动生成大样本采样数据的评价方法, 该方法有助于精度快速统计、辅助发现前期编辑中的问题。

通过生产试验和应用, 上述工艺流程是可行的, 对测绘市场 DEM 生产具有一定实用价值。

参考文献

- [1] 虞继进. 数字高程模型(DEM) 的建立与应用. 江苏测绘. 1999, 22(3), pp:33- 36.
- [2] 刘锦君, 钮利平, 孙颖. 1:50000 数字高程模型(DEM) 的质量控制. 东北测绘. 2002, 25(2), pp:44- 47.
- [3] 朱庆, 李志林, 龚建雅, 眭海刚. 论我国“ 1:1 万数字高程模型的更新与建库”. 武汉测绘科技大学学报. 1998, 24(2), pp:129- 130.
- [4] 刘小生, 刘传立. 在 Arc/Info 中建立和应用数字高程模型. 铁道勘察. 2004, (4), pp:8- 10.
- [5] 兆宏, 杨晓勇, 王库等. 水土流失定量监测中的 DEM 精度评价新方法. 土壤学报. 2004, 41(5), pp:661- 668
- [6] 1:10000 地形图数据库结构设计. 2004.
- [7] 季建华, 杨军生. 大比例尺 DEM 生产过程中的粗差检测与质量控制的研究. 现代测绘. 2004, 27(3), pp:31- 33.
- [8] 1:10000 数字高程模型生产技术规定. 国家测绘局. 1998.

(下转第 18 页)

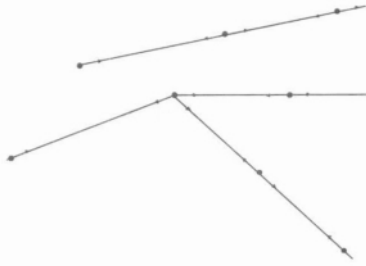


图3 最终效果图

优点在于可以满足用户需求的多样性和复杂性成图。能很好地控制符号绘制的细节,从而有效弥补利用一般方式进行符号创造的不足。此外,本文虽然讨论的是电力线符号的开发方法,但对于其它的特殊的线状或面状符号开发方法仍具有

借鉴意义。

参考文献

- [1] ESRI 公司. Exploring_ArcObjects [Z]. 2002.
- [2] ESRI 公司. ArcObjects Developer Help [Z]. 2002.
- [3] 刘丙方,刘冰晶,狄丽娟等. 基于 ArcObjects 的特殊符号开发方法[J]. 矿山测量, 2004, 2(2) : 21- 24
- [4] 牛芩涛,盛业华. 基于 ArcGIS 的地图符号库的设计与实现[J]. 现代测绘, 2003, 26(6) : 41- 43
- [5] 郑江玲. 利用 ArcObjects 组件技术实现图层的分类符号化[J]. 测绘与空间地理信息, 2005, 28(6) : 112- 114

Edit and Realization of the Power line Symbol Based on ArcObjects

ZHANG Lin- hai, YANG Wu- nian

(Institute of Remote Sensing&GIS, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan, 610059)

Abstract: When compiling the 1:10000 relief maps using Arcmap, it is difficult to edit the power line symbol. This paper introduces the secondary development method based on ArcObjects to resolve this difficult problem.

Key words: Secondary development; ArcObject; Power line

(上接第 4 页)

Methods Search and Application of the Improved Work Flow of 1:10000 DEM Production

Zhu Xiao- kun, Yue Jing- xian, Li Ming

(Photogrammetry and Remote Sensing Center, Beijing Institute of Surveying and Mapping, Beijing, 100038)

Abstract: In this paper, the work flow of producing 1:10000 DEM(Digital Elevation Model) with topographic data based on ArcGIS platform is summarized. Furthermore, the work flow is improved from two aspects: on one hand, a distance add- weight method used to acquiring three dimension feature lines is firstly proposed to reduce or even eliminate the "platform effect" of DEM data. On the other hand, for produced DEM data, a new assessment method of automatic resampling is proposed to reduce artificial checking workload. According to experiments, this improving work flow can effectively improved efficiency and accuracy, makes DEM production joints actual terrain and this work flow can be applied to rapid production of DEM data.

Key words: Topographic Data; Digital Elevation Model(DEM); Accuracy assessment; ArcGIS