

数字地面模型在道路测设中的应用及精度分析

唐正光¹, 汪洵泽², 朱伟明¹, 张艳飞¹, 何嘉¹

(1. 昆明理工大学 建筑工程学院, 云南 昆明 650224; 2. 云南省公路规划勘察设计院, 云南 昆明 650000)

摘要: 数字地面模型 (DTM) 已广泛应用于工程各领域, 特别在道路设计方面, 但其精度有待探讨. 通过实际工程, 总结了 DTM 再道路设计中的应用, 并应用不同的方案建立 DTM, 获取路线设计所需的纵、横地面数据, 计算路基土石方数量, 对比分析得出其精度尚不能满足道路施工图设计的要求, 误差属于稳定的系统误差. 并分析了其精度的影响因素, 提出相应的措施.

关键词: 数字地面模型 (DTM); 道路设计; 系统误差

中图分类号: TU198.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007 - 855X(2008)03 - 0062 - 04

Application of DTM to Road Survey and Its Precision Analysis

TANG Zheng-guang¹, WANG Xun-ze², ZHU Weiming¹, ZHANG Yan-fei¹, HE Jia¹

(1. Faculty of Civil and Architectural Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650224, China;

2. Yunan Highway Planning Prospecting and Designing Institute, Kunming 650001, China)

Abstract: With the extensive application of DTM to various fields especially to road design, question still remains as to its precision. Based on practical projects, a comprehensive account of DTM's application is offered. DTM is then set up with disparate schemes so as to obtain data of vertical and horizontal transection of a road and to calculate soil - stone amount of the roadbed. It is shown through a comparison analysis that the precision affected by systematic errors does not meet the needs set in the drawing design. The factors affecting precision are then analyzed. Countermeasures are finally put forward.

Key words: DTM; road design; system error

0 引言

数字地面模型简称 DTM (Digital Terrain Model) 是按照数学模型表达一系列地形特征的数值描述方式, 以数字的形式按一定的结构组织在一起, 从离散数据结构出发构造相互联结的网络结构, 表示实际地形特征的空间分布, 从而建立起相关区域内平面坐标与高程之间的映射关系, 将地形表面用密集的规则或无规则排列的三维地形数据 (X, Y, Z) 组成, 是将地形资料数字化后存储于计算机的产物. 目前, 数字地面模型 (DTM) 在多方面已有广泛的应用, 特别在道路设计方面^[1~3]. 但从应用的角度来说, 工程技术人员最为关注的是数字地面模型 (DTM) 的精度, 及如何提高数字地面模型 (DTM) 的精度. 当然, 影响 DTM 精度的因素很多, 关系错综复杂, 主要包括地形表面的粗糙度、原始数据的采集方法和属性、数字地面模型表面形式和内插函数和内插方法等^[4~6]. 论文通过实际工程探讨其在道路设计方面的应用及其精度.

1 DTM 在道路测设中的应用

1.1 数据采集

数据采集是建立数字地面模型的基础工作. 从目前测绘技术的发展状况以及公路勘测手段的现状来看, 将野外测量、航空摄影测量等测量方法获得的高程数据及地形图, 或将已有地形图数字化均可成为建

收稿日期: 2007 - 10 - 25. 基金项目: 交通部西部交通科技课题, 学生校外科技 (项目编号: 20070029); 云南省自然科学基金 (项目编号: 2005D0016M).

第一作者简介: 唐正光 (1969 -), 男, 讲师. 主要研究方向: 道路工程. E - mail: tzg1122@163.com

立数字地面模型可靠的数据来源.

1.2 数据处理

数据处理是指通过运用各种处理软件对所得的地面数据转化成软件能识别的数据文件.其基本的处理程序如下:

1.2.1 地形图输入

有数模功能的软件都可以对地形图进行数字化,也可以对地形图中的等高线、地面特征点、特征线(如沟坎、河流、梯田、道路、鱼塘等)、山脊山谷线等地形信息进行数字化.地形图输入有以下方法:等高线输入;特征点输入;特征线输入;山脊、山谷线输入.

1.2.2 地形图数字化

地形数字化是对各类软件输入的地形图及通过图形转换得到的地形图以及用户已有的电子地形图进行转化,并生成构建数字地面模型所需的原始地形高程点、等高线离散三维 ASCII 码数据 (X, Y, Z) .

地形图数字化时可进行参数控制:仅按地形图原始高程点数字化;按等高线离散数字化,可进行等高线离散间距设置;按地形图原始高程点+等高线离散点数字化.

按不同的参数设置可获得不同数量的高程点.一般按等高线离散可获得较多的高程点.

1.3 构造 DTM

构造 DTM 主要是用三角剖分法构造数字地面的三角网模型.构造 DTM 模型可利用数字化地形文件;或用野外实测资料结合电子记录地形的三维坐标及属性、航空摄影测量的解析或全数字设备记录的地形三维坐标及属性、或是经过地形原图扫描并矢量化后记录等其他手段获取的地形数字化文件.

1.4 DTM 在工程上的应用

建立相应的 DTM 后,就可以利用 DTM 进行所需工程应用,已经广泛用于自动内插路线纵、横断面地面数据,之后进行路线设计,设计人员几乎只要根据地形图资料而不必进行极为艰苦的外业测量,或者只需要做一些必要的外业资料调查即可完成道路设计.

2 DTM 在道路测设中的精度分析

分析依托实际工程(某道路工程 K2+000-K3+500 段),采用比例为 1:1000 的航测地形图(图 1),地形属于丘陵地区,相对高差为 10~50 m,自然坡度在 30° 以下),通过地形图建立 DTM 3D 地面模型见图 2 通过 DTM 获取设计所需的纵、横地面数据,为分析数据的精度,通过数据和路基土石方数量对比,并用不同的方案建立 DTM,再获取数据进行对比并分析其精度的影响因素.

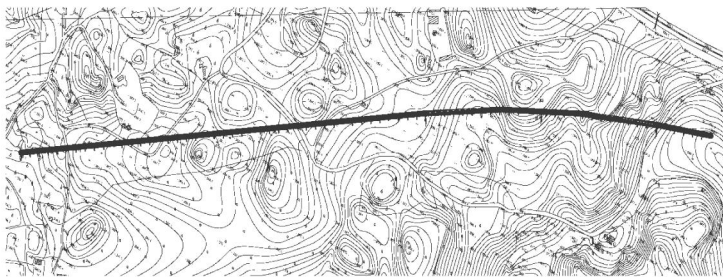


图1 地形图 (1: 1000)
Fig.1 Contour (1: 1000)

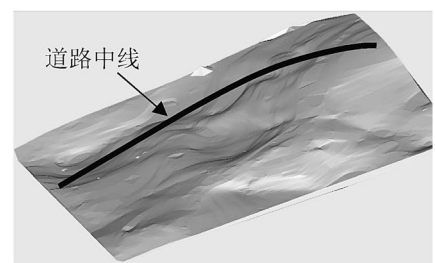


图2 3D地面模型
Fig.2 3D surface model

建立 DTM 并获取道路设计所需的纵、横地面数据的各种方案如下:

方案 1:道路施工图设计进行的现场外业测量得到的道路纵、横断面地面数据;

方案 2:采用比例为 1:1000 的航测地形图,通过地形图高程点(1941 点)及等高线离散点(62732 点)控制建立 DTM,获取纵、横断面地面数据;

方案 3:采用比例为 1:1000 的航测地形图,通过地形图高程点(1941 点)控制建立 DTM,获取纵横断

面地面数据;三维空间

方案 4:采用比例为 1:1000 的航测地形图,通过地形图等高线离散点(62732 点)控制建立 DTM,获取纵、横断面地面数据;

2.1 纵断面地面数据的对比分析

根据上述各方案的设置,建立 DTM,获取道路纵断面中桩地面高程,共计 79 个数据,以方案 1 的数据为标准,其余 3 个方案与之对比,得到道路纵断面对比图见图 3,并计算出各方案与方案 1 的纵断面地面高程差值标准差,方案 2 的标准差 = 0.753 8,误差均值 0.389 m,误差最大值 2.267 m,误差最小值 - 0.897 m;方案 3 的标准差 = 0.822 4,误差均值 - 0.033 m,误差最大值 2.089 m,误差最小值 - 1.479 m;方案 4 的标准差 = 0.770 2,误差均值 0.378 2 m,误差最大值 2.267 m,误差最小值 - 0.897 m.

《公路勘测规范》(JTJ 061—99)规定:中桩高程检测限差:高速公路、一级公路为 ± 5 cm;2 级及 2 级以下公路为 ± 10 cm;横断面检测限差见表 1.以此为标准,则通过 DTM 获取的道路纵断面地面线数据的精度达不到施工图设计的要求.

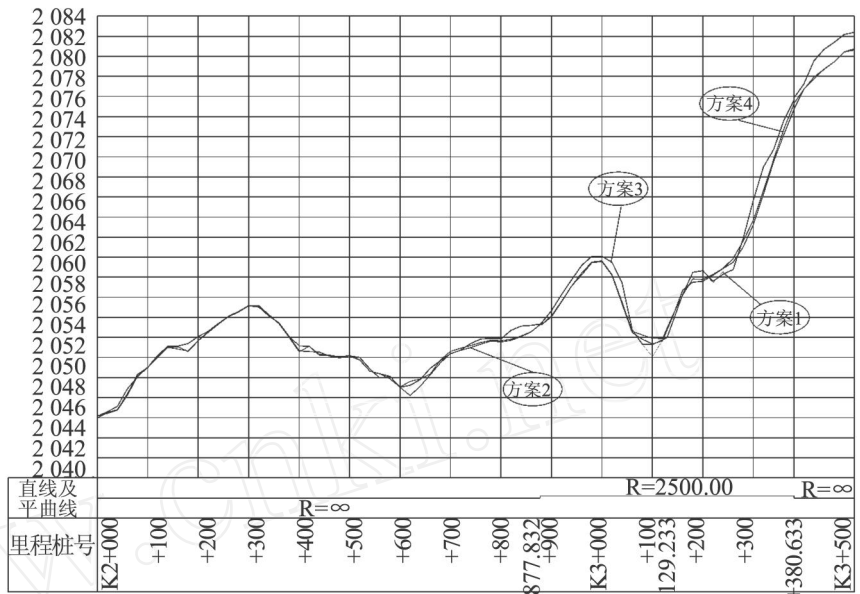


图3 道路纵断面对比
Fig.3 Contrast of vertical section of road

2.2 纵、横断面地面线数据精度的综合对比分析

通过上述道路纵断面地面线数据的比较可知,各方案的地面线相互交错,即数据出入有正的和负的.按横断面测量检测限差见表 1 进行横断面地面线数据检测,数据量大,不便进行.在路线设计中,纵、横断面地面线数据直接影响路基的土石方数量,故在该路线通过采用相同的平面设计、纵断面设计及相同的横断面参数(横断面帽子),是以不同的方案获取路线设计所需的纵、横断面地面线数据,DTM 切割纵断面时的横向边距为 100 m;切值范围为全部;横断面切值方式为等距切值;计算出路基土石方数量,并进行比较见表 2,间接进行道路纵、横断面数据检测.以上方案均采用纬地公路辅助设计系统计算设计.

通过以上比较可知:

1)本段道路土方数量,与实地测量计算相比较,数量均小于方案 1,误差范围在 - 14.8% ~ - 22.12%;本段道路挖方数量,与实地测量计算相比,方案 2 和方案 4 接近,分别为 13.1%和 13.15%,大于方案 1,但方案 3 为 - 24.67%.分析其地形地貌知:此路段经过地面为一凹形(图 2),由于 DTM 是通过相邻高程点建立不规则的三角形斜面来拟合地面,对于凹形地面,拟合面比实际地面提高了,这在纵断面数据比较中已得出方案 2、4 的误差均值为正的,而方案 3 的误差均值为负的,故路线土方数量减小,挖方数量增大,而误差大小与建立 DTM 的精度有关.对于方案 3,可能是建立 DTM 的高程点少的原因.

表 1 横断面测量检测限差^[7]

Tab 1 Limit of measuring transect survey

| 路线 | 距离 /m | 高程 /m |
|-----------|--------------------|----------------------------|
| 高速公路、一级公路 | $\pm(L/100 + 0.1)$ | $\pm(h/100 + L/200 + 0.1)$ |
| 二级及以下公路 | $\pm(L/50 + 0.1)$ | $\pm(h/50 + L/100 + 0.1)$ |

表 2 路基土石方数量对比

Tab 2 Contrast of soil - stone amount of roadbed

| 方案 | 填方量 /m ³ | 误差 /m ³ | 相对误差 /% | 挖方量 /m ³ | 误差 /m ³ | 相对误差 /% | 填挖方量 /m ³ | 相对误差 /% |
|------|---------------------|--------------------|---------|---------------------|--------------------|---------|----------------------|---------|
| 方案 1 | 40 158 | 0 | 0.00 | 22 626 | 0 | 0.00 | 62 784 | 0.00 |
| 方案 2 | 31 275 | - 8 883 | - 22.12 | 25 590 | 2 964 | 13.10 | 560 865 | - 9.43 |
| 方案 3 | 34 213 | - 5 945 | - 14.80 | 17 044 | - 5 582 | - 24.67 | 51 257 | - 18.36 |
| 方案 4 | 31 533 | - 8 625 | - 21.48 | 25 601 | 2 975 | 13.15 | 57 134 | - 9.00 |

用纬地公路辅助设计系统计算。

2)本段道路挖填方总量与测量方案比较,数量均少于方案 1,方案 2和方案 4接近,因为方案 2和方案 4建立 DTM所采用的数据点分别为 64 673点和 62 732点,而方案 3建立 DTM所采用的数据点为 1 941点,说明 DTM的精度与高程数据点的密度及位置有密切的相互关系,测量中很难保证足够的高程点来表示复杂地形,从方案 2和方案 4的对比来看,DTM的误差表现为一种多因素耦合影响的系统误差,方案 2和方案 4的差异较小,说明若建立 DTM的条件一定,则其误差是稳定的。

3 结论与措施

通过上述分析,数字地面模型应用于道路设计时,应注意以下几点:

1)1:1000的地形图通过数字地面模型(DTM)进行道路设计,与路线实测数据相比其精度还不能满足道路施工图设计的精度要求;

2)因为数字地面模型的误差属于系统误差,其影响是相对稳定的,故在道路初步设计中,可用数字地面模型进行路线多方案的比选。

3)高程点的密度及位置是影响 DTM精度的主要因素之一。

4)在以前,地形图主要以人为识读对象,而现阶段,则更多的要以计算机系统为识读对象,人与计算机系统识读地形图的能力是有本质区别的,为此,要提高 DTM精度措施,一方面应依据 DTM的特点探索地形图的碎步测量方法及表示形式,以利于 DTM建立,另一方面可加强 DTM高精度的建模方法。

参考文献:

- [1] 王家耀,崔铁军,苗国强.数字高程模型及其数据结构[J].海洋测绘,2004,24(3):1-4.
- [2] 宋文祥.数字地面模型的研究及实现[J].铁道勘测与设计,2004(5):8-10.
- [3] 绉文祥,杜爱丽.数字地面模型在公路测设中的应用[J].青海交通科技,2002(4):28-29.
- [4] 王明生,郝士华.带状数字地面模型精度影响因素分析[J].铁道勘察,2006(4):22-25.
- [5] 廖晓和.1/2000数字地面模型在高速公路勘测中的精度验证及应用[J].测绘工程,2006,15(4):68-70.
- [6] 合肥工业大学,等.测量学[M].4版.北京:中国建筑工业出版社,1995:142-147.
- [7] 公路勘测规范(JTG 061—99)[S].中华人民共和国交通部,1999.