

不同地貌类型区 1: 25 万比例尺 DEM 的建立方法

赵帮元^{1,2}, 汤国安², 马安利¹, 喻权刚¹, 郭玉涛¹

(1. 黄河水利委员会黄河上中游管理局, 陕西 西安 710043; 2. 西北大学 城市与资源学系, 陕西 西安 710069)

摘要: 以在 3 个不同地貌类型区的试验为例证, 研究探讨建立栅格化 DEM 的技术要点和技术方法, 并对所建立 DEM 的精度进行评价。研究表明, 在平原区可以直接利用 Terlk 层及水系要素建立 DEM; 在山区, 则首先需要进行构造地形结构线的预处理, 而在黄土丘陵沟壑区, 不仅需要构造地形结构线, 而且需借用大比例尺的高程数据进行高程加密处理, 以最大限度地减少地貌特征信息的损失, 为区域水土流失的动态监测基础地理数据库的建立提供重要的技术方法。

关键词: 数字高程模型; 等高线; 精度

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2002)02-0045-04

中图分类号: TP392

Producing of 1: 250 000 Map Scaled DEM in Different Terrain Roughness

ZHAO Bang-yuan^{1,2}, TANG Guo-an², MA An-li¹, YU Quan-gang¹, GUO Yu-tao¹

(1. Upper and Middle Reaches of the Yellow River Administrative Bureau of Yellow River Conservancy Commission, Xi'an 710043, China; 2. Department of Urban and Resource Sciences, North West University, Xi'an 710069, China)

Abstract Grid based DEM is a critical basic geo-spatial data base in the analysis of regional topography feature. 1: 250 000 map scaled DEM is regarded as an important basis for the middle scaled investigation of soil erosion characteristics. Taking three areas of different terrain roughness as test areas, the effective procedures and methodology for the producing of DEM are probed into. In addition, by means of comparative method, the DEM accuracy were investigated, which can be regarded as possessing critical importance for the setting up DEMs, as well as evaluate their practicability and applicability in the field of regional soil erosion research in these corresponding areas.

Keywords DEM; contour line; accuracy

1 引言

在当前西部大开发的重点项目——西部资源环境信息工程中, 数字高程模型 (Digital Elevation Model, 简称 DEM) 是利用遥感与 GIS 技术进行地形分析的核心数据, 目前国家测绘部门已经完成的 1: 25 万比例尺的 DEM, 可望在中尺度的宏观地形分析中, 特别是黄土高原等地区的土壤侵蚀强度监测、生态环境的治理和开发、水土流失的治理与监测、防洪救灾、区域规划、工程建设以及区域宏观管理和决策等方面发挥积极的作用。但是, 目前应用部门对于空间数据的不确定性以及应用精度都存在相当模糊的认识^[1,2], 各类 DEM 误差的存在往往程度不同地妨碍分析与应用结果的可信性。陕西省有关单位曾利用 1: 25 万 DEM 辅助进行黄土高原地区侵蚀量模拟估算及小流域水土保持规划试验, 但因 DEM 精度问题

而未获理想结果。特别是我国 1: 25 万比例尺的 DEM 均采用同比例尺的地形图等高线数字化建立, 等高距较大 (一般为 50 或 100 m) 数据的原始精度已经在很大程度上受到地形图制图综合的影响, 一般的建立方法将在 DEM 中产生大量的“平三角”, 严重影响 DEM 的应用精度。为保证数据精度, 栅格化 DEM 的建立也必须要根据地形的特点进行一定的特殊处理, 例如, 增多高程控制点、在地形结构线上进行加密布点、改进高程数据内插的算法等。对以上技术的掌握, 是建立适用的数字高程模型的必要前提, 也是非测绘 GIS 专业人员的技术难点。

前人在该领域也进行了诸多卓有成效的研究。邱卫宁^[3]、余鹏^[4]等分别研究了利用等高线和地形图建立 DEM 的方法, 陈秀忠^[5]、唐新明^[6]、刘宝玲^[7]、张荣群^[8]、王东华^[9]等从不同侧面就 DEM 的生产工艺方法进行了研究。但是, 以不同地形特征条件下消除“平

收稿日期: 2002-01-08

资助项目: 国家自然科学基金 (49971065); 水利部黄委会水土保持科学研究项目; 教育部科学技术研究重点项目 (01111)

作者简介: 赵帮元 (1972-), 男 (汉族), 河南潢川人, 工程师, 西北大学在读硕士研究生, 主要从事 GIS 与遥感应用研究。E-mail: byzhao@xaonline.com

三角”为研究的着眼点,进行比较和探讨,还是空白。

本研究以高山、黄土丘陵、平原三大地貌区的典型样区为实验区,在大量实验的基础上,探讨利用国家标准的 1:25 万高程 Terk 层数据建立栅格化 DEM 的技术方法,并对其中的技术要点以及精度特征进行了比较分析。本文探索出在不同地貌类型建立 DEM 的技术要点和方法,对提高所建立 DEM 的精度与可用性,提高工作效率,具有一定的意义。

表 1 试验样区情况一览表

地貌类型	经纬度范围	平均海拔 /m	平均坡度 /($^{\circ}$)	1:25 万 DEM 应用例证
山区 (秦岭太白山地区)	107°39'22"—107°53'08"E 33°46'55"—33°57'40"N	2 220	35.3	配合国家对自然保护区的生态本底调查,建立太白山自然保护区基础地理信息系统。
黄土丘陵区 (陕北绥德韭园沟)	110°14'50"—110°22'30"E 37°32'25"—37°37'40"N	990	25.5	建立黄土高原不同空间尺度 DEM 地形信息图谱模型,实现对区域土壤侵蚀宏观监控。
平原区 (关中平原)	108°30'45"—108°59'00"E 34°11'00"—34°32'00"N	425	<3.0	利用 DEM 数据,建立平原区地区洪水淹没的模型。

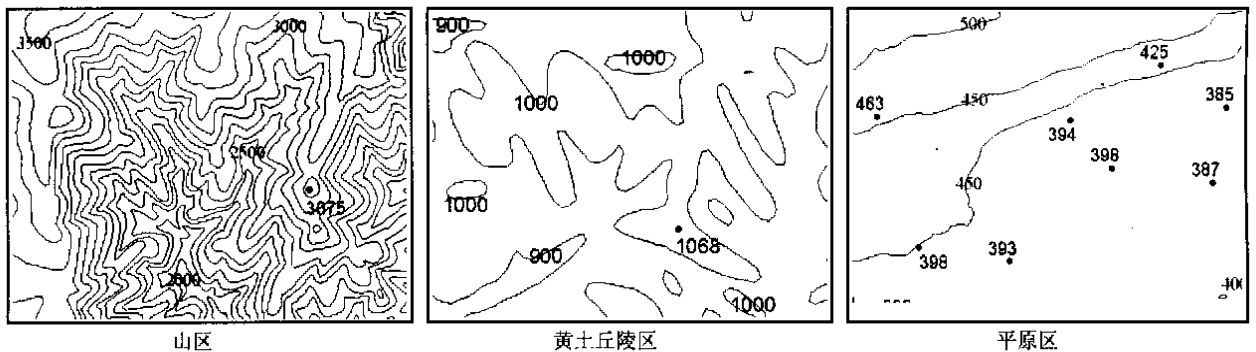


图 1 实验区 1:25 万等高线样图

2.2 主要信息源

国家测绘部门生产的全要素 1:25 万数字地图,其中数字化等高线 Terk 层作为基本地面高程信息源。试验区具有其它同地区 1:1 万、1:5 万高精度 DEM 数据,作为检验 1:25 万 DEM 精度的标准。地面控制点高程、1:10 万地形图及其它辅助资料。

2.3 运用软件

ARC/INFO, ARC/View, Demix, Geomedia, MGE 等 GIS 软件作为 DEM 建立的主要软件;运用 SPSS, Excel 等作为数据分析与处理的基本软件。

3 存在问题

目前,较规范的 1:25 万比例尺 DEM 的建立,一般先提取同比例尺全要素数字地图中全部等高线层(含高程点)、水系层中的静止面状水体(如大型湖泊、水库)及等高线、水系层中的冲沟、河流等要素,查错后生成新的等高线层、面状水体层、线状特征要素

2 试验基础

2.1 试验样区

样区的选择充分考虑了所研究地区的地形地貌特征以及 DEM 数据的典型性与代表性,同时结合目前国民经济的具体需要。表 1 为所选 3 个试验样区的基本情况一览表,图 1 为 3 个试验样区的 1:25 万等高线样图。

层,并根据等高线及高程点确定面状水体层的高程值,必要时人工补充适量矢量数据,然后利用新生成的数据层构建 TIN, TIN 经检查无误后,内插生成 DEM^[9]。其中对所建立 DEM 精度最为重要的是信息源的地形描述精度、等高线数字化精度以及高程数据内插建立栅格 DEM 的精度 3 个方面。在 1:25 万 DEM 的建立过程中,其影响突出体现在如下 2 个方面。

(1) 由于地图缩编对等高线弯曲形态制图综合取舍的结果,使得大量的原始地形信息缺损,存在很大的地形描述误差。(2) 由于 1:25 万地形图上等高距在山区和丘陵区为 100 m,平原区为 50 m,而且所标注高程点稀少,若直接提取 Terk 层及水系要素内插构建 TIN,再用 TIN 内插生成 DEM,必然在黄土丘陵区的山顶、沟道、鞍部等部位,将形成大量的“平三角”(接近于水平的平台地),造成对原始地貌特征描述的严重误差(如图 2 所示)。

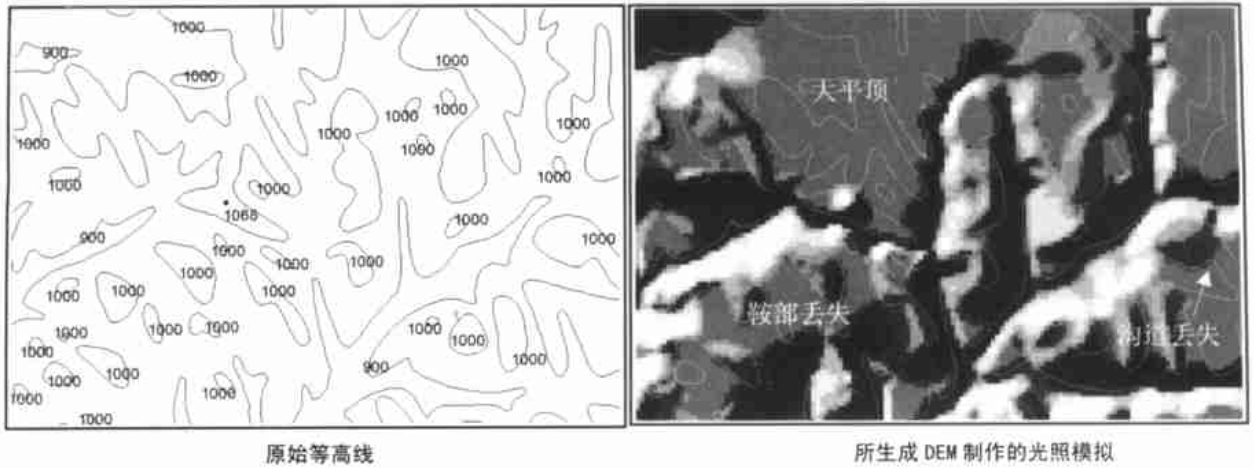


图 2 DEM 误差所形成的平台示意图

4 实验方法与结果分析

4.1 改进方法

采用适量借用同一区域较大比例尺数字地图或地形图上的起控制作用的有效高程点,及在出现“平三角”而又难以取得高程点的地方适当添加高程值误差在半个等高距以内的高程点,并构造地形结构线的改进方法。其建立流程如图 3 所示。

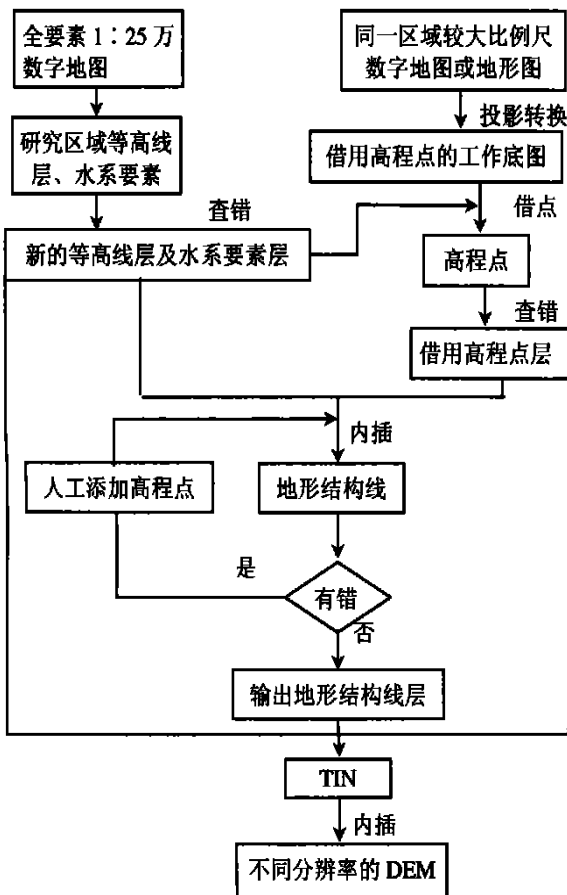


图 3 DEM 制作的技术路线

为了便于比较分析,我们将所建立 DEM 的分辨率均提高到了 50m,并分别用以下 3 种技术方法建立 DEM,即: (1) 直接建立法——直接利用新的等高线层和水系要素构建 TIN,再内插 TIN 建立 DEM; (2) 构造地形结构线法——利用新的等高线和水系要素层,构造地形结构线层参与构建 TIN,再内插 TIN 建立 DEM; (3) 借用高程点法——适量借用较大比例尺数字地图或地形图上的有效高程点,查错后生成借用高程点层,并参与构造地形结构线层,然后利用新的等高线和水系要素层、借用高程点层及所构造的地形结构线层构建 TIN,再内插 TIN 建立 DEM。

4.2 改进方法效果分析

DEM 建立的技术关键,是减少“平三角”数量。“平三角”所构建地面坡度一般 $< 3^\circ$,因此,“平三角”的消除可以反映在地面平均坡度的增大,山区、丘陵区小于 3° 坡面的减少,以及光照模拟真实感的提高。统计不同技术方法建立 DEM 所提取的平均坡度及 3° 以下坡度占总面积的比例(见表 2)。在平原区,3 种技术方法建立 DEM 的坡度差别很小,表明可以用直接建立法建立 DEM。在山区,构造地形结构线法与直接建立法相比,平均坡度增大而 3° 以下坡度占比例减少,说明构造地形结构线法使“平三角”的数量减少;用借用高程点法建立 DEM 对“平三角”的数量影响不大。在丘陵区,从直接建立法到构造地形结构线法,再到借用高程点法所建立的 DEM,平均坡度显著增大, 3° 以下坡度所占比例急剧减少,反映了“平三角”数量大幅减少,表明在丘陵区建立 DEM,不仅构造地形结构线成为必要,而且需要借用有效高程点。

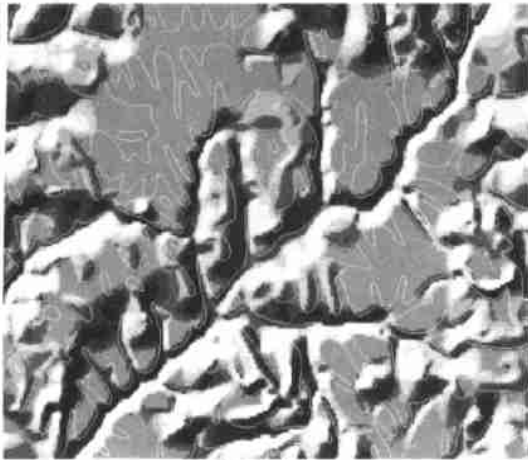
在丘陵区地区,用借用高程点法所建立的 DEM 与直接建立法所建立的 DEM 相比,“平三角”现象基

本消除,整体趋势上,地形过渡平滑,所描述的地面符合地势起伏变化的规律。丘陵区平三角消除效果比较如图 4 所示;在山区,用构造地形结构线法建立的

DEM 与直接建立法比较,光照模拟效果层次分明,有效反映了地面在宏观意义上的起伏特征,真实感也显著提高。山区平三角消除效果比较如图 5 所示。

表 2 不同技术方法建立的 DEM 所提取坡度比较

技术方法	山 区		黄土丘陵区		平原区	
	平均	< 3°比例 %	平均	< 3°比例 %	平均	< 3°比例 %
直接建立法	24.73	3.01	5.03	64.24	0.54	98.41
构造地形结构线法	27.53	1.08	8.09	41.45	0.61	98.41
借用高程点法	27.25	1.26	15.24	6.29	0.69	97.05

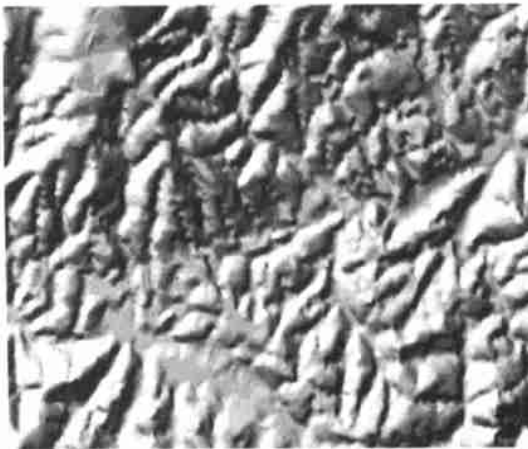


直接建立法

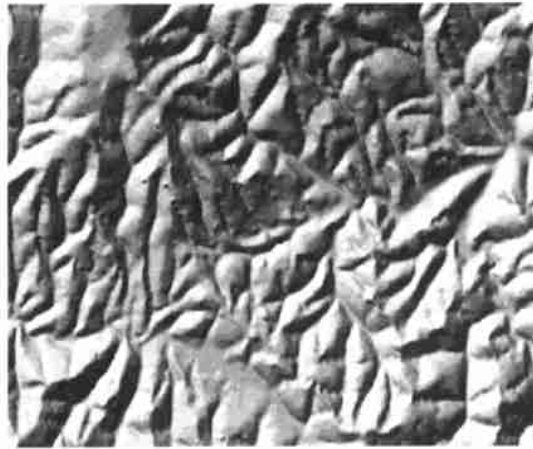


借用高程点法

图 4 丘陵区平三角消除效果比较



直接建立法



构造地形结构线法

图 5 山区平三角消除效果比较

基于 1:25 万比例尺等高线 Terk 层建立 DEM,影响其精度的核心问题是所产生的“平三角”问题。实验结果表明,平原区可以直接提取 Terk 层及水系要素建立 DEM;在山区,需要构造地形结构线;而在黄土丘陵区,不仅需要构造地形结构线,而且需引入较大比例尺地形图或数字地图上的有效高程点,以减少所产生的地面“平三角”,最大限度地削减地形描述误差,实现该类比例尺 DEM 对地形宏观变

化规律的有效模拟。刘新华等曾用 1:100 万 DEM 提取全国地形起伏度。作者认为,利用 1:25 万 DEM 将可望取得更好结果,特别是对中尺度区域地形特征的描述,可望获得十分理想的效果。

建议今后在利用正确的方法建立较高精度的 DEM 后,开展该方向的探索与研究,为我国水土流失监测提供更有效的技术方法。

(下转第 54 页)

近自然的景观管理模式^[5]保护和恢复流域的自然景观,避免强度的干扰,维护流域生态系统的高生产力、动态平衡和相对稳定。

3.4 维护生物多样性的原则

生物多样性是指基因、物种、群落及生态系统的分异。它与流域生态系统的结构与功能直接联系,并与其它环境因素一起构成了流域的生境基础,保护和恢复流域的生物多样性,将促进流域自然生态系统的稳定及自我维持、自我更新、抗干扰的能力。建立自然保护区是流域生物多样性保护的主要模式,可以分为2种途径^[6]:(1)以物种为中心的途径。主要涉及珍稀、濒危物种的保护;(2)以生态系统为中心的途径。将生态系统中的各个生物等级层次作为保护对象;重点考虑景观破碎化、片断化对生物多样性的威胁,强调景观的连接关系和格局设计;强调景观的稳定性对生物多样性保护的重要性。规划时,应在本底调查的基础上,应用岛屿生物地理学理论、自然保护区圈层结构模式^[11]以及斑块的数目、形状和位置原理^[3]等,确定保护区(核心区)的最小面积或最小景观,建立缓冲区以减少人为活动对核心区的干扰,在破碎的景观斑块之间建立廊道,增加廊道的宽度,增加景观的多样性,提高景观连接度等。此外,在流域植被恢复及生态系统重建的过程中,引入自然群落的结构机制,考虑多种树种组成,混交种植,适当稀植,促进林下植被的生长等,以维护流域的生物多样性。

3.5 维护景观异质性的原则

景观异质性是景观的一个根本属性,是景观中各种流的源泉,也是保证景观稳定的重要因素。异质性来源于景观内自然地理特征和气候因素的分异,生物群落的定居和内源演替、自然干扰以及人为活动的影响。景观异质性是形成不同景观结构和功能的基础,景观异质性还增加了边缘生境和边缘种的丰度,增加了要求2个以上景观要素的物种丰度,增强了总体物

种共存的潜在能力,提供了生物多样性的生境基础,正是由于异质性的存在,才形成了景观内部的物质流、能量流、信息流和价值流,从而使景观生机勃勃,充满活力,生态稳定^[7,8,10]。因此,景观规划时,应引入景观异质性的机制,如在作流域植被恢复的树种结构设计时,应设计多种树种组成,针叶和阔叶;常绿和落叶;乡土种和引进种混交种植,避免大面积纯林,则可减少病虫害和森林火灾的大面积发生,增加抗逆性,保护地力,充分利用生态空间,提高系统生产力及稳定性。此外,应根据流域中物种的需要,保留多种景观类型,为生物多样性创造有利的生境条件。

[参 考 文 献]

- [1] 王仰麟,韩荡.农业景观的生态规划与设计[J].应用生态学报,2000,11(2):265-269.
 - [2] 肖笃宁,李晓文.试论景观规划的目标、任务和基本原则[J].生态学杂志,1998,17(3):46-52.
 - [3] 俞孔坚.城乡与区域规划的景观生态模式[M].见:景观:文化、生态与感知.北京:科学出版社,1998.28-32.
 - [4] R福尔曼,M戈德罗恩.景观生态学[M].北京:科学出版社,1990.
 - [5] 高甲荣,肖斌.荒漠近自然管理的景观生态学基础[J].山地学报,1999,17(3):244-249.
 - [6] 俞孔坚.生物多样性保护的景观规划途径[M].见:景观:文化、生态与感知.北京:科学出版社,1998.33-39.
 - [7] 郭晋平,阳含熙,薛俊杰,等.关帝山森林景观异质性及其动态的研究[J].应用生态学报,1999(2):167-171.
 - [8] 李团胜.城市景观异质性及其维持[J].生态学杂志,1998,17(1):70-72.
 - [9] Theobald D M. Incorporating biological information in local land-use decision making: designing a system for conservation planning[J]. Landscape Ecology, 2000, 15: 35-45.
 - [10] Wickham J D. Forest fragmentation as an economic indicator[J]. Landscape Ecology, 2000, 15: 171-179.
- (上接第 48 页)
- [参 考 文 献]
- [1] Bolstad P V, Stowe T. An evaluation of DEM accuracy elevation, slope, and Aspect[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1994, 60(11): 1327-1332.
 - [2] Tang Guoan. A research on the accuracy of digital elevation models[M]. Beijing: Science Press, 2000.
 - [3] 邱卫宁.根据等高线建立数字高程模型[J].武汉测绘科技大学学报,1994(3):80-83.
 - [4] 余鹏,刘丽芬.利用地形图生产DEM数据的研究[J].测绘通报,1998(10):16-18.
 - [5] 陈秀忠.数字地面模型的建立及应用[J].新疆农业大学学报,1994(4):46-48.
 - [6] 唐新明,林宗坚,吴岚.基于等高线和高程点建立DEM的精度评价方法探讨[J].遥感信息,1999(3):7-10.
 - [7] 刘宝玲.1:50000数字高程模型(DEM)生产中有关问题初探[J].东北测绘,2000(4):37-39.
 - [8] 张荣群,严泰来,武晋.数字高程模型DEM的建立与应用[J].计算机与农业,2000(6):62-64.
 - [9] 王东华,刘建军,商瑶玲,等.全国1:25万数字高程模型数据库的设计与建库[J].测绘通报,2001(1):27-29.