

# DEM 在地貌分析研究中的应用

王秀云 (宿州学院地理与环境科学系, 安徽宿州 234000)

**摘要** 简述了 GIS 的数字地形分析与 DEM 的研究进展, 指出了数字高程模型分析 3 个方向的研究内容, 并进一步系统总结了数字高程模型在地貌中的可视化分析、地形因子的提取与地貌的综合分析 3 个方面中的研究现状, 同时列举了大量的研究成果, 最后指出了数字高程模型研究的重要意义。

**关键词** GIS; 数字高程模型; 应用; 地貌分析

**中图分类号** X144 **文献标识码** A **文章编号** 0517 - 6611 (2009) 23 - 11326 - 02

## Research on Application of DEM in Geomorphology Analysis

WANG Xiu-yun (Department of Geography and Environment, Suzhou University, Suzhou, Anhui 234000)

**Abstract** Research development of DEM was summarized, three application directions of DTM were analyzed. Further more, present research situations about DEM in geomorphology analysis such as visualization analysis, terrain analysis and generalized analysis was summarized over all. Some research results in geomorphology analysis were enumerated simultaneously. Important meaning in DEM research was point out finally.

**Key words** GIS; DEM; Application; Geomorphology analysis

GIS 数字地形分析是以数字高程模型为主的产生式分析, 数字高程模型 (简称 DEM) 表示区域 D 上的三维向量有限序列, 用函数的形式描述为:

$$V_i = (X_i, Y_i, E_i) \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

式中,  $X_i, Y_i$  是平面坐标;  $E_i$  是  $(X_i, Y_i)$  对应点的高程。DEM 是 GIS 进行地形分析的基础数据。利用 DEM 数据可快速地进行各种地形因子的提取, 主要包括坡度、坡向、粗糙度等的计算和通视分析、地形特征提取、水系特征提取、水文分析、道路分析等<sup>[1]</sup>。

## 1 DEM 的研究进展

数字高程模型的概念源于 1958 年美国麻省理工学院摄影测量实验室主任米勒对计算机和摄影测量技术结合在计算机辅助道路设计方面的试验。20 世纪 60 年代, DEM 的研究主要集中于制作方法方面; 70 年代中后期, 对 DEM 采样方法进行了较深入的研究; 80 年代以来, 对 DEM 的研究涉及到 DEM 生产的质量控制; 进入 90 年代, DEM 在 GIS 中得到了广泛应用, 已成为地理信息系统的一个重要组成部分。DEM 具有广泛的应用价值, 国内外已将其作为国家基础地理信息的产品之一。

## 2 DEM 的应用方向

**2.1 可视化地图的制作** 所谓可视化, 就是将科学计算的中间数据或结果数据转换为人们容易理解的图形图像形式。对于当前的二维 GIS 来说, 主要基于数字高程模型来实现各种表面分析, 乃至三维表示。如在测绘中用于绘制等高线、坡度图、坡向图、立体透视图、立体景观图<sup>[2]</sup>等。

**2.2 数字地形分析** 利用 DEM 数据可以进行基本地形因子的计算, 包括坡度、坡向、坡度变化率和坡向变化率的计算, 表面积、投影面积、剖面积和体积的计算, 格点面元的相对高差、格点面元的粗糙度和格点面元的凹凸系数计算等。DEM 还可进行地形特征和水系特征的提取。

**2.3 DEM 与其他地理要素的数据叠加分析** 对 DEM 进行

进一步的处理生成数字坡度模型、数字坡向模型、数字粗糙度模型等, 然后利用生成的模型与其他数字专题模型结合 (如进行土壤侵蚀调查的研究) 分析。

## 3 DEM 在地貌分析中的作用

地形分析是地貌研究的重要手段, 是以地形数字图像资料以及详细野外地质调查等为研究基础, 进行地形地貌分析研究, 主要包括高程剖面分析、坡度、坡向分析以及流域分析等。以数字高程模型为基础进行地形分析, 与传统的利用纸质地形图进行研究的方法不同。DEM 是地球表面地形地貌的数字表达、模拟, 基于 DEM 的地形分析实质上就是进行数值计算的过程。DEM 的获取和应用可为地形分析提供快速、高效的技术支持。

目前国内外研究者将 DEM 数据应用于地貌分析已经取得了大量的研究成果。按其内容分为以下 3 类。

**3.1 地貌信息可视化的表达** 这方面的研究成果主要有: 彩色晕渲图制作<sup>[3]</sup>、构造地貌的模拟<sup>[4]</sup>、三维地层模型的构建<sup>[5]</sup>、任意切割的地质剖面的制作<sup>[6]</sup>、明暗等高线制作等<sup>[7]</sup>。

**3.2 地形因子及特征线提取的研究** 地形因子提取方面的研究主要是从 DEM 数据源、DEM 的空间分辨率、提取算法及产生的误差等方面进行的。刘学军等研究了利用 DEM 数据提取坡度坡向到算法精度的分析<sup>[8]</sup>; 李天文等研究了地形复杂度对坡度、坡向的影响<sup>[9]</sup>; 刘泽慧等提出 DEM 数据辅助的山脊线和山谷线提取的新方法<sup>[10]</sup>; 张晓焕等探讨了 DEM 基础上的坡度算法分析及精度研究<sup>[11]</sup>; 王培法利用不同比例尺和不同空间分辨率提取了流域面积、河网密度、河道坡度、平均高程、河道长度、平均坡度和河道长度, 并做了详细的分析<sup>[12]</sup>; 李晓印等求出地层的体积解决了一直困扰地质学界的难题<sup>[13]</sup>; Zhou 等对提取坡度坡向的误差与 DEM 的数据特征关系进行了研究<sup>[14]</sup>; Gregory 等成功地研究了一种持续快速的生成河网密度的方法<sup>[15]</sup>; Greysukh 用基于地表坡面流水模拟分析原理的局部分析法, 把提取的地形特征要素分为坡地、洼地、分水线、谷地、阶地和鞍部等几类; Puecker 等采用基于图象处理原理的局部分析方法, 研究了一个寻找凹点和凸点的简单方法, 用来初步确定分水线和沟谷底部的

**基金项目** 安徽省教育厅自然科学基金项目 (KJ2007B182)。

**作者简介** 王秀云 (1974 - ), 女, 安徽宿州人, 在读硕士, 讲师, 从事地貌分析与 3S 技术研究。

**收稿日期** 2009-04-20

位置<sup>[16]</sup>。

**3.3 地貌综合分析研究** 利用 DEM 进行地貌综合分析方面的研究成果很多。如水文分析方面主要有: Blomgren 借助于 DEM 数据应用于洪水灾害的分析<sup>[17]</sup>; Bekithemba 等把数字高程与坡面径流模型结合应用于暴风雨排泄网络的设计<sup>[18]</sup>; Dvid 等用流水动力模型与 DEM 结合制作了流水侵蚀模型<sup>[19]</sup>; Harley 等借助数字高程模型应用于监测和测量沟谷侵蚀<sup>[20]</sup>; Haefner 利用 DEM 制作高山地区的雪覆盖图并应用于水文分析<sup>[21]</sup>。

土地资源分析方面主要有: 汤国安等借助于 GIS 技术把 DEM 数据应用于黄土高原退耕还林草工程中<sup>[22]</sup>; Zhou 等对日本境内裸土地的河网密度、坡度及相关盆地做了研究<sup>[23]</sup>; 胡宝清等以广西省都安瑶族自治县为研究载体, 建立了石漠化分级的遥感影像解译指标体系, 生成了都安县石漠化分级分布图和数字化土壤类型图, 运用 GIS 空间分析功能, 定量探讨了不同级别石漠化与土壤类型之间的空间相互关系<sup>[24]</sup>; 丁峰等通过 DEM 计算派生出坡度图, 结合土地利用图及其相关资料, 利用 GIS 技术完成了旱耕地的信息提取等<sup>[25]</sup>。

#### 4 DEM 研究的重要意义

综上所述, DEM 的地貌分析已经广泛地应用于地学研究及其以外的广泛领域。其三维可视化制作方面对地貌要素表达有重要的意义。地形因子中坡度是土壤侵蚀的重要指标, 沟壑密度、坡向、海拔高度等地形因子影响着土壤侵蚀的强弱, 研究成果可为土壤的侵蚀防治、生产建设、水土保持和科学研究等提供服务, 也为土地可持续利用提供科学依据; 地表粗糙度的提取, 可为更准确地统计表面积提供基础。通视分析可为一些公路与桥梁工程的造价、最优化路径选址等方面提供辅助决策。因此, DEM 研究有重要的意义。

#### 参考文献

- [1] 张超. 地理信息系统实习教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [2] 殷畅. GIS 中的地形三维可视化[D]. 郑州: 中国人民解放军信息工程大学测绘学院, 2001.
- [3] 黎弘, 翟战强, 唐树才. 利用 ARC/INFO 制作彩色晕渲图[J]. 计算机工程, 1999, 25(8): 66-68.
- [4] 张会平, 张平安, 张威, 等. 基于 DEM 的岷江断裂带构造地貌模拟[J]. 辽宁工程技术大学学报, 2004, 23(5): 603-605.

- [5] 贺怀建, 白世伟, 赵新华, 等. 三维地层模型中地层划分的探讨[J]. 岩土力学, 2002, 23(5): 637-639.
- [6] 赵德军, 王宝军. 任意地质图剖面生成的方法探讨[J]. 西部探测工程, 2005(3): 91-92.
- [7] 汤国安, 杨玮莹, 刘咏梅. 一种基于 DEM 的明暗等高线制图方法[J]. 测绘通报, 2001(7): 39-40.
- [8] 刘学军, 龚健雅, 周启鸣, 等. 基于 DEM 坡度坡向算法精度的分析研究[J]. 测绘学报, 2004, 33(3): 258-263.
- [9] 李天文, 刘学军, 汤国安, 等. 地形复杂度对坡度坡向的影响[J]. 山地学报, 2004, 22(3): 272-277.
- [10] 刘泽慧, 黄培之. DEM 数据辅助的山脊线和山谷线提取方法的研究[J]. 测绘科学, 2003, 28(4): 33-36.
- [11] 张晓焕, 元昌安. 基于 DEM 的坡度算法分析及精度探讨[J]. 南昌工程学院学报, 2005, 24(2): 42-43.
- [12] 王培法, 栅格 DEM 的尺度与水平分辨率对流域特征提取的分析——以黄土岭流域为例[J]. 江西师范大学学报, 2004, 28(6): 549-554.
- [13] 李晓阳, 刘爱利. 基于 DEM 的地层体积求取方法的研究[J]. 新疆地质, 2004, 22(1): 101-103.
- [14] ZHOU Q M, LIU X J. Analysis of errors of derived slope and aspect related to DEM data properties[J]. Computers & Geosciences, 2004, 30: 369-378.
- [15] GREGORY E T, FILIPPO C, ANDREA R, et al. Statistical analysis of drainage density from digital terrain data[J]. Geomorphology, 2001, 36(3/4): 187-202.
- [16] PUECKER T K, DOUGHLAS D H. Detection of surface-specific points by local parallel processing of discrete terrain elevation data[J]. Computer Graphics and Image Processing, 1975(4): 375-387.
- [17] BLOMGREN A S. digital elevation model for estimating flooding scenarios at the Falsterbo Peninsula[J]. Environmental Modeling & Software, 1999, 14: 579-587.
- [18] BEKITHEMBA G, NELSON M, GEORGE S, et al. Coupling of digital elevation model and rainfall-runoff model in storm drainage network design[J]. Physics and Chemistry of the Earth, 2002, 27: 755-764.
- [19] DVID P F, DAVID R M. Modeling large-scale fluvial erosion in geographic information systems[J]. Geomorphology, 2003, 53(1/2): 147-164.
- [20] HARLEY D B, RONALD C D. Digital elevation models as a tool for monitoring and measuring gully erosion[J]. JAC, 1999, 1(2): 91-101.
- [21] HAEFNER H, SEIDEL K, EHRLE H. Applications of snow cover mapping in high mountain region[J]. phys Chem Earth, 1997, 22(3/4): 275-278.
- [22] 汤国安, 杨玮莹, 秦鸿儒, 等. GIS 技术在黄土高原退耕还林草工程中的应用[J]. 水土保持通报, 2002, 22(5): 46-50.
- [23] ZHOU L, TAKASHI OGUCHI. Drainage density, slope angle, and relative basin position in Japanese bare lands from high-resolution DEMs[J]. Geomorphology, 2004, 63: 159-173.
- [24] 胡宝清, 黄秋燕, 廖赤眉, 等. 基于 GIS 与 RS 的喀斯特石漠化与土壤类型的空间相关性分析——以广西都安瑶族自治县为例[J]. 水土保持通报, 2004, 24(5): 66-70.
- [25] 丁峰, 高志海, 魏怀东. DEM 在旱耕地荒漠化评价中的应用——以武威、古浪二市(县)为例[J]. 水土保持学报, 2000, 14(3): 31-35.

(上接第 11325 页)

程序的运行有 2 种方式: 一是可以启动 IDLE, 也就是 Python 的 GUI(图 4)。在 Python Shell 中可以通过打开后缀为 py(py 是 Python 脚本的标准文件扩展名)的程序文件来执行; 二是通过 Python(Command Line) 命令窗口来执行。

#### 5 结语

利用 Python 语言编写程序可以简化手工操作的步骤, 对于大批量流程作业将大大提高工作效率。通过使用 Python

语言可轻松实现 ArcGis 的各项功能, 实现地理空间数据的自动化处理。

#### 参考文献

- [1] 汤国安, 杨昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 466-467.
- [2] 王亚卿, 方龙. 浅析 python 在地图处理中的应用[J]. 华东森林经理, 2008, 22(1): 1-2.
- [3] BROWN MARTIN C. Python 技术参考大全[M]. 康博, 译. 北京: 清华大学出版社, 2002.