

# DEM 在林地资源表面积调查中的应用

王秀云<sup>1,2</sup>, 陈 晔<sup>1</sup>, 周厚华<sup>3</sup>, 张 强<sup>1</sup>

( 1 南京师范大学 地理科学学院, 江苏 南京 210097; 2 宿州学院 地理与环境科学系, 安徽 宿州 234000;  
3 临沂师范学院 地理与旅游学院, 山东 临沂 270015)

[摘要] 以南京市为例,借助于 GIS 软件,首先利用由矢量化等高线生成的 DEM 数据自动提取坡度信息,然后计算坡度的正割值信息再与南京市的林地栅格数据结合,完成了本区内几种林地在不同坡度级上表面积大小的统计.最后与由坡度信息和土地利用类型栅格数据结合求算的投影面积作比较分析,得出 DEM 的研制可为林地资源更为精确的统计提供有利的技术支持.

[关键词] 南京市, DEM, 林地, 表面积, 正割值

[中图分类号] F316• 299 [文献标识码] B [文章编号] 1672-1292(2006)01-0086-05

## Application of DEM to Calculating the Surface Area of Forest Land

WANG Xiuyun<sup>1,2</sup>, CHEN Ye<sup>1</sup>, ZHOU Houhua<sup>3</sup>, ZHANG Qiang<sup>1</sup>

( 1 School of Geographical Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China  
2 Department of Geography and Environmental Science, Suzhou College, Suzhou 234000, China  
3 College of Geography and Tourism, Linyi Normal University, Linyi 270015, China)

**Abstract** Using Nanjing city as a case study, this paper mainly introduces the use of DEM obtained from contour by digitizing the relief map, and the use of grid lines, which has the same resolution (100m) as DEM, for the forest land of Nanjing to calculate surface area of different forest land at different slope grades based on GIS. In order to finish calculating the surface area, slope and secant should be obtained at first. Slope can be extracted from DEM automatically. Secant can be obtained from slope information. Combined with the slope, the forest land and the secant information together, the study was finished to calculate the surface area of different forest land at different slope grades. Comparing the surface area with the vertical projection area, we can draw a conclusion that the research on DEM can provide the sound support of calculating the forest land resources due to GIS.

**Key words** Nanjing city, DEM, forest land, surface area, secant

### 0 引言

地理信息系统 (Geographic Information System, GIS) 是一个用于对地理数据进行采集、管理、查询、计算分析与可视化表现的计算机技术系统<sup>[1]</sup>. 利用它制订出来的方案, 形象直观, 实施容易, 是林业信息管理的先进方法和手段. 数字高程模型 (DEM) 是地理信息系统进行地形分析的基础数据, 利用它可自动地提取地形因子, 如坡度、坡向、高程变异、地表粗糙度、曲面面积、体积、谷脊特征分析、水系、河网密度等<sup>[2]</sup>. 在土地利用类型坡度组成状况清查中<sup>[3,4]</sup>, 常规的方法是作业员在野外实地观测或者估计坡度、坡向、坡位及勾绘谷脊线等地形因子. 这种方法很难快速、科学、准确地调查大区域的地形因子, 而且野外工作繁重. 且利用常规方法, 很难实现大范围土地利用表面面积的统计. 在土地质量评价方面, 也有人提出在林业的适宜区 (坡度 > 25°) 的评价中<sup>[5]</sup>, 适宜区的面积应该是地表的表面积, 而不是其水平投影面积, 在这种有坡度的地表表面积计算时, 利用 DEM 可以得到较为理想的结果. 本文以南京市为例, 利用由国家基本地形图采集等高线数据生成的 DEM, 并结合本区的土地利用类型数据, 完成了南京市不同类型的林地

收稿日期: 2005-10-02  
作者简介: 王秀云 (1974-), 女, 讲师, 主要从事遥感与地图制图学和自然地理学的教学与研究. E-mail: wangxiuyun200081@eyou.com

不同坡度级上表面积大小的统计, 并与求算的投影面积相比较, 可知 DEM 数据可为林地资源表面积的计算提供有利的技术支持.

1 研究数据的获取

1.1 南京市 DEM 数据的建立

制作 DEM 的数据来源主要有地形图数据、航片、卫片数据、实地测量数据 (如 GPS 或经纬仪配合袖珍计算机等在野外进行观测采集的地面点数据) 等. 本次研究的基础底图资料为 1: 25 万国家基本地形图, 高斯-克吕格投影. 研究区域的地理范围为  $31^{\circ}14'N \sim 32^{\circ}37'N$ ,  $118^{\circ}22'E \sim 119^{\circ}14'E$ . 地貌类型以平原和丘陵为主. 本区最高海拔为 438m, 平均海拔为 25.95m, 最大坡度为  $61.4^{\circ}$ .

DEM 数据的获取主要采用各种内插模型实现. 本次实验 DEM 制作主要是借助 ArcView 软件, 采用等高线构建 TIN<sup>[6]</sup> (即由等高线采用二元五次多项式进行内插) 法, 然后随机转换成栅格 DEM (100m 空间分辨率). 南京市 DEM 数据获取流程如图 1 所示, 生成的南京市的 DEM 如图 2 所示, 注经线性拉伸增强对比度处理的图像.

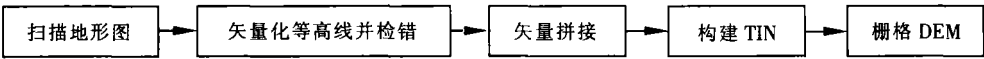


图 1 南京市 DEM 的生成流程

1.2 南京市林地栅格数据的获取

本区林地数据来源为从 2000 年 TM 影像经判读解译获取的江苏土地利用类型矢量数据 (含行政区划界层), 然后经裁剪处理, 并对其属性数据作了修改的 1: 25 万的等积割圆锥投影数据. 经处理后的图层只保留林地数据 (其中有林地代码为 21, 灌木林地代码为 22 表示, 疏林地代码为 23, 其它类型的林地代码为 24), 最后转换为与 DEM 空间分辨率 (100m) 及投影 (高斯-克吕格) 一致的栅格数据. 高斯-克吕格采用分带投影, 变形较小, 这里可以不考虑变形对求算面积产生的影响.

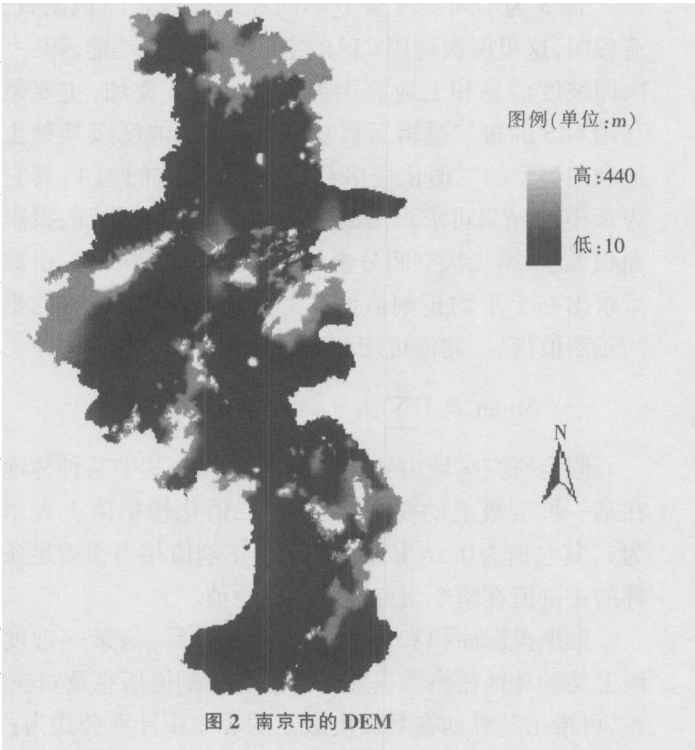


图 2 南京市的 DEM

2 研究工作的理论基础

常规方法计算面积一般利用地形图计算地面经垂直投影后面积大小. 而实际上表面积大小与投影面的面积之间存在关系式为:

$S_1 = S_2 / \cos A = S_2 \times \sec A$   
这里  $S_1$  为倾斜面积;  $S_2$  为投影面积;  $A$  为倾斜面和投影面之间的夹角;  $\cos A$ ,  $\sec A$  分别为倾斜面和投影面的余弦、正割. 坡度定义为地面上某点相对水平面的倾斜程度. 提取坡度的算法有许多种, 归纳起来有以下 4 类: 四块法、空间矢量法、拟合曲面法、直接求解法. ArcView 软件平台提取坡度采用拟合曲面法, 即 Burrough P A (1986) 提出的窗口微分分析法<sup>[7, 8]</sup>. 坡度的计算是在  $3 \times 3$  个 DEM 格网窗口中进行的 (如图 3 所示).

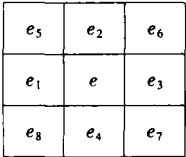


图 3 DEM 数据的分析窗口

中心点  $e$  的坡度计算公式如下:

$$\text{slope} = \tan \sqrt{\left( \frac{(e_8 + 2e_1 + e_5) - (e_7 + 2e_3 + e_6)}{8 \times \text{cellsize}} \right)^2 + \left( \frac{(e_7 + 2e_4 + e_8) - (e_6 + 2e_2 + e_5)}{8 \times \text{cellsize}} \right)^2}$$

其中第一个平方值为  $X$  方向上的坡度, 第二个平方值为  $Y$  方向上的坡度. 在  $3 \times 3$  的 DEM 栅格分析窗口中,

如果中心点没有数据, 则此栅格的坡度值也是无数据; 如果相邻的任何栅格是没有数据, 它们被赋予中心栅格的值再计算坡度值. 计算出的坡度值范围为  $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ . 根据上述原理可利用 GIS 软件在 DEM 数据上直接提取坡度信息, 利用坡度信息可进一步计算出正割值信息. 坡度的正割值计算公式为:

$$\sec \alpha = 1 / \cos \frac{A \times 3.1415926}{180}$$

这里坡度级的划分是根据国家通用的标准结合本区林业分布状况, 把坡度划分为:  $0^{\circ} \sim 3^{\circ}$  (0 级);  $3^{\circ} \sim 7^{\circ}$  (1 级);  $7^{\circ} \sim 15^{\circ}$  (2 级);  $15^{\circ} \sim 25^{\circ}$  (3 级);  $> 25^{\circ}$  (4 级) 共 5 级. 图 4 为利用 DEM 提取的南京市坡度分级图.

### 3 南京市林地源调查研究的总路线

图 5 为不同坡度级上不同林地资源表面积调查流程图, 这里两次使用 GIS 的空间叠加分析功能. 第一次即坡度信息和土地利用类型栅格数据叠加, 主要是利用 GIS 的布尔逻辑运算功能, 得到某坡度级某种土地利用类型的二值化栅格数据, 满足条件的为 1, 其它为 0. 利用结果可计算出某一坡度级上某种林地的投影面积大小. 第二次空间分析相当于空间滤波功能, 由此可求出一个平均正割值信息, 为整个研究区域内的平均正割值信息. 此值可用如下公式解释:

$$Mean = \left( \sum_{i=1}^m M_i^* \times 1 + 0 \right) / n$$

假定研究区域内共有  $n$  个栅格数据, 其中某种林地在一坡度级上的栅格数为  $m$ , 二值化栅格值上表示为 1, 其它值为 0. 结果统计的平均正割值相当于满足条件的正割值在整个研究区域的平均值.

根据投影面积和表面积之间的关系, 与某一坡度级上某种林地栅格数据对应的平均正割值信息及对应条件下的整个研究区内的平均正割值三者之间的关系, 可推出某林地在一坡度级上的表面积计算公式为:

$$S_{\text{表面积}} = S_{\text{投影面积}} \times \sum_{i=1}^m M_i / m = S_{\text{栅格面积}} \times Mean \times n$$

利用此公式即可直接计算出某种林地类型在一坡度级上的表面积大小. 这里  $m$ ,  $n$  与上述同,  $S_{\text{栅格面积}}$  为单个栅格面积.

### 4 实验结果及分析

按照上述计算表面积的理论, 以及求算表面积的工作流程, 实现表面积的计算主要分两步: 第一, 利用矢量化地形图生成 DEM 数据, 提取 DEM 的坡度信息, 并与由江苏省土地利用数据生成的南京林地栅格数据叠加分析, 可得出二值化栅格数据 (利用此结果可统计出不同坡度级上的各类林地栅格数, 利用公式:

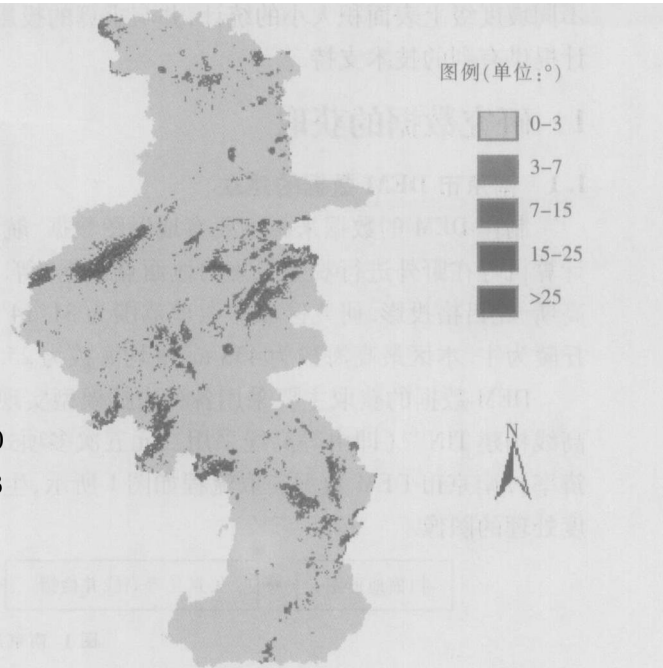


图 4 南京市坡度分级图

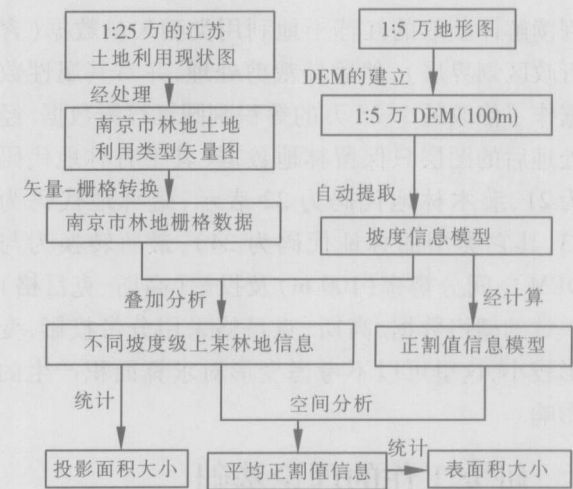


图 5 不同坡度级上不同林地资源表面积调查流程图

投影面积 = 栅格数 × 栅格面积, 可统计出不同坡度级上不同林地投影面积的大小); 第二, 利用 DEM 提取的坡度信息进一步计算坡度的正割值信息, 然后与第一步得到的二值栅格数据相乘得出某一林地在一坡度范围内的正割值总和在整个研究区内的平均值. 利用上述求某一林地在某坡度级上的表面积大小公式, 即可求出某林地在某坡度上表面积的大小. 借助 GIS 软件和 Excel 软件求得南京市四类林地在 5 个坡度级上的表面积如表 1 所示 (注: 为体现差别, 保留小数点后 4 位有效数字), 投影面积如表 2 所示, 以及由表 1 和表 2 生成的各种林地的表面积与投影面积比与坡度级的关系如图 6 所示:

表 1 不同坡度级上林地表面积的大小

坡度级	林地类型			
	有林地 /km <sup>2</sup>	灌木林地 /km <sup>2</sup>	疏林地 /km <sup>2</sup>	其它 /km <sup>2</sup>
0° ~ 3°	94. 882 0	11. 497 1	71. 743 5	3. 583 9
3° ~ 7°	127. 373 3	14. 613 2	44. 192 1	0. 200 2
7° ~ 15°	169. 457 0	14. 417 0	27. 504 9	0
15° ~ 25°	84. 437 0	6. 768 0	6. 114 9	0
> 25°	6. 417 5	1. 119 8	0. 224 5	0

表 2 不同坡度级上林地投影面积的大小

坡度级	林地类型			
	有林地 /km <sup>2</sup>	灌木林地 /km <sup>2</sup>	疏林地 /km <sup>2</sup>	其它 /km <sup>2</sup>
0° ~ 3°	94. 830 0	11. 490 0	71. 710 0	3. 580 0
3° ~ 7°	126. 880 0	14. 560 0	44. 040 0	0. 200 0
7° ~ 15°	166. 430 0	14. 170 0	27. 060 0	0
15° ~ 25°	79. 890 0	6. 390 0	5. 810 0	0
> 25°	5. 710 0	1. 060 0	0. 200 0	0

经统计得出南京市的林地集中分布在 15°以内, 约占总面积的 84. 64%, 本区林地表面积大小总计为 684. 624 5 km<sup>2</sup>, 投影面积为 674. 010 0 km<sup>2</sup>, 其中有林地表面积大小为 482. 566 8 km<sup>2</sup>, 投影面积为 473. 74 km<sup>2</sup>; 灌木林地表面积大小为 48. 493 8 km<sup>2</sup>, 投影面积大小为 47. 67 km<sup>2</sup>; 疏林地表面积大小为 149. 779 8 km<sup>2</sup>, 投影面积大小 148. 82 km<sup>2</sup>; 其它林地表面积大小为 3. 784 1 km<sup>2</sup>, 投影面积大小为 3. 78 km<sup>2</sup>. 用此方法求算出的各类林地表面积大小均比投影面积要大. 而且从图 6 中各类林地不同坡度级上的表面积与投影面积比也可直观地看到, 在本研究区范围内, 随着坡度级的增大, 面积比增大的趋势变快, 即表面积与投影面积的差别越来越明显. 进一步统计南京市的林地表面积要比投影面积高出约 1. 57%. 本区地貌类型在江苏省相对复杂, 但仍以平原为主. 因此在坡度变化较大的区域, 不考虑坡度的影响会对林地资源统计产生较大的误差.

5 结语

GIS 技术进行林地资源调查时, 与常规方法需要作业人员野外实地观测或者估计坡度、坡向、坡位及勾绘谷脊线等地形因子相比较, 不仅效率大大地提高而且减少了人力和物力. 在进行表面积统计时, 常规方法很难实现大范围的林地表面积统计. 而借助于 GIS 技术, 利用 DEM 数据容易实现坡面上林地的表面积统计. 总之 DEM 的研制可为林地资源更为准确的统计提供有利的技术支持.

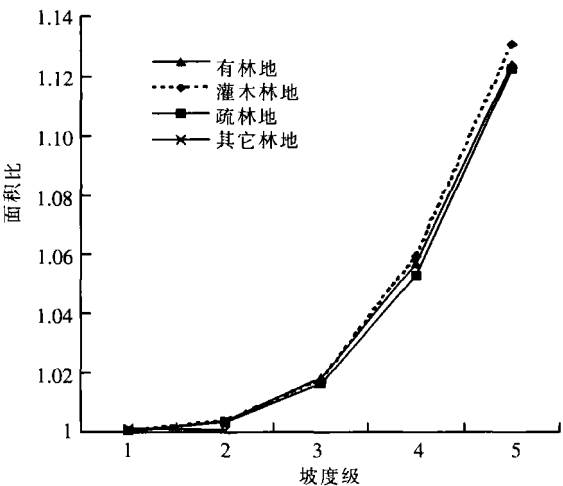


图 6 各种林地面积比与坡度级的关系

[参考文献] (References)

- [1] 邓鉴锋, 王琪. 地理信息系统在广东林业中的应用 [J]. 中南林业调查规划, 2001, 20: 65-68  
DENG Jianfeng WANG Qi Application of GIS in guangzhou forestry [J]. Central South Forest Inventory and Planning 2001, 20: 65-68 (in Chinese)
- [2] 张超. 地理信息系统实习教程 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 212-213  
ZHANG Chao A Practical Course in Geographic Information System [M]. Beijing Higher Education Press 2000 212-213 (in Chinese)
- [3] 付晓, 周维. 数字高程模型及其在森林资源调查中的应用 [J]. 广西林业科学, 2002, 31(1): 12-15  
FU Xiao ZHOU Wei Application of digital elevation model in forest management [J]. Guangxi Forestry Science 2002 31(1): 12-15 (in Chinese)
- [4] 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  
TANG Guoan YANG Weiyong QIN Hongru et al An application of using GIS technology to return cultivated land for forestry and grassland in less plateau region [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation 2002, 22(5): 46-50 (in Chinese)
- [5] 林海. DEM 在土地质量评价中的应用 [J]. 东北测绘, 2002, 25(3): 75-76  
LIN Hai Application of DEM in land assessment and analysis [J]. Northeast Surveying and Mapping 2002, 25(3): 75-76 (in Chinese)
- [6] 樊红, 詹小国. ARC/INFO 应用与开发技术 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2002: 226-227  
FAN Hong ZHAN Xiaoguo Application and Development Technique of ARC/INFO [M]. Wuhan Wuhan University Press 2002: 226-227 (in Chinese)
- [7] 李志林, 朱庆. 数字高程模型 [M]. 2 版. 武汉: 武汉大学出版社, 2003: 217-218  
LI Zhilin, ZHU Qing Digital Elevation Model [M]. 2nd ed Wuhan Wuhan University Press 2003: 217-218 (in Chinese)
- [8] 汤国安, 杨勤科, 张勇, 等. 不同比例尺 DEM 提取地面坡度的精度研究 [J]. 水土保持通报, 2001, 21(1): 53-56  
TANG Guoan YANG Qinke ZHANG Yong et al Research on accuracy of slope derived from DEMs of different map scales [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation 2001, 21(1): 53-56 (in Chinese)

[责任编辑: 刘 健]