

中国 1:100万数字地貌信息集成试验及特征分析

龙恩^{1,2}, 程维明¹, 刘海江¹, 柴慧霞¹, 李锐¹

(1 中国科学院地理科学与资源研究所 资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京 100101;

2 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要:地貌是自然地域综合体中的主导因素, 数字地貌强调了以数字形式将所有地貌信息集成于一起。本文在总结前人研究成果的基础上, 以 1:100 万标准分幅中的张家口幅(编号为 k-50)为例, 探讨了以遥感数据(ETM 和 TM)为基础的 1:100 万数字地貌信息集成方法, 体现了分层分级的集成原则, 便于信息的数字化、定量化分析。对其特征分析表明:地貌信息的存储、应用及分类分级指标充分体现了其数字化与定量化特征; 它们为生成各种专题图件、评判划分指标的合理性以及国民经济建设等提供了分析基础, 这将在地貌研究、农业生产、国防建设、环境建设和生态修复等方面发挥重要作用。

关键词: 数字地貌; 信息集成; 遥感; 地理信息系统

1 引言

数字地貌简称地貌数字化, 即以数字形式将所有与地貌相关的信息都存储于数据库中, 便于信息加工和更新, 也便于信息的空间分析, 制作出不同类型的地貌图, 为生产建设服务。

我国地貌学家和地学专家早期所开展的中国地貌区划研究工作, 积累了一大批宝贵的实地考察资料和图集, 并于 20 世纪 90 年代, 编制出版了 1:100 万 15 幅地貌图^[1-9]。随着计算机技术飞速发展, 各种电子的或数字形式的书籍或图集应运而生, 包括电子地貌图。《地貌制图》第八章提到的电子地貌图内容^[9], 是目前国内讨论数字地貌最详细的研究成果。而数字地貌可采用多级多要素方法对地貌分类, 并将这些地貌信息逐层逐级集成于地貌数据库中, 只要在 GIS 中按照专家知识(即不同的分类方案)来重新组织信息, 生成各种类型的地貌图, 进行地貌要素之间的空间分析。

另外, 利用数字高程模型进行地貌形态类型的自动提取, 是数字地貌研究的热点之一^[10-16], 如 Philip T. Giles(1998)利用数字高程模型(DEM)研究自动提取坡度单元的分类方法^[17-19]; 张会平等

(2004) 也利用 DEM 数据研究岷江上游地貌形态, 自动提取坡度等地形要素^[20]; 汤国安等(2003)利用 DEM 研究自动提取黄土地貌类型的方法^[21], 同时研究不同比例尺之间的 DEM 数据精度的转换, 这对数字地貌研究起到很好的促进作用。

目前, 多数文章都论及数字地貌研究, 诸如: 许世远和孙以义(2000)发表于《地理学报》上的“地貌形态模拟”等具有一定的新义^[22]。它们运用地理信息系统将数字高程模型和数学模型结合, 研究模拟地貌的动态过程, 以深化数字地貌的研究。

2 数字地貌信息的集成

传统的地貌制图主要是利用大比例尺地形图进行标绘, 同时在不确定地区进行实地踏勘, 形成最终的地貌图。与此相比, 随着全国 1:100 万数字地貌制图工作的开展, 基于 GIS 与 RS 的数字地貌制图很大程度上弥补了传统的利用地形图辅助制图的不足。实现了对数字地貌信息的分级显示与专题地貌信息的提取^[23]。

2.1 试验区背景与数据分析

收稿日期: 2005-10-10; 修回日期: 2007-01-07。

资助项目: 国家自然科学基金(40401048), 国家自然科学基金杰出青年基金(40225004)和科技部科学数据平台项目(2005DKA32300-07)。

作者简介: 龙恩(1978-), 女, 博士研究生, 主要从事于遥感、GIS 与数字地貌的研究。E-mail: longen@reis.ac.cn

张家口幅 (图号为 K-50), 位于东经 $114^{\circ} \sim 120^{\circ}$; 北纬 $40^{\circ} \sim 44^{\circ}$ 之间, 主要包括了内蒙古自治区东部、辽宁省西部以及河北省北部地区。该地区在 20 世纪 80 年代还没有制作完成 1 100 万地貌图, 但内蒙古自治区资源系列地图编辑委员会利用遥感数据及野外考察资料, 于 1991 年完成并出版了内蒙古自治区地貌类型图(1 50 万), 为目前该区最详细的地貌资料; 另外也收集到河北省地貌类型图(1 50 万)及黄淮海平原地貌类型图(1 50 万)。

本次试验选用 2000 年的 ETM (7、4、2 波段合成) 影像作为提取数字地貌信息的数据源。在 EARDAS 8.6 软件环境下, 对原始影像进行几何校正、图像融合处理, 并辅以由 DEM 数据派生出的三维立体图、海拔高度图、地势起伏度图、坡度坡向图、地貌晕渲图, 1 25 万等高线图, 1 25 万基础地理地图, 1 50 万地质图等进行了分析加工。

2.2 试验区数字地貌信息的集成

根据“中国 1 100 万地貌制图规范”, 采用形态与成因相结合的分类系统, 地貌信息集成采用 ArcGIS 中面向对象的空间数据库模型 Geodatabase 实现。

在空间数据模型 Geodatabase 中处于最顶端的是空间数据库“K-50”, 次之为要素集“Landform”, 最后是要素类“geomor1、geomor2、……、geomor”(图 1 左), 其中 geomor1、geomor2、……表示按成因、形态等指标提取的各级数字地貌信息, geomor 是将前几级数字地貌信息集成在一起的总的数字地貌信息层(图 1 右)。

根据中国 1 100 万陆地数字地貌分类方案, 首先是以遥感影像为数据源, 借助于海拔高度图、地

势起伏度图, 提取基本地貌形态类型, 生成第一级地貌信息层 geomor1, 并给该级地貌信息赋予字段名称 name1; 在 geomor1 的基础上, 借助于 1 50 万地质图以及有关的文字资料, 提取流水、火山、湖成等 8 种成因地貌信息 (全国共 10 种成因地貌类型, 本区占有 8 种, 没有冰川与冰缘地貌类型), 生成 geomor2, 相应的字段名称 name2; 依次类推, 逐级进行不同级别地貌信息的提取与集成, 最后生成完整的地貌信息总图层 geomor, 该 geomor 层中集成了该幅图所有地貌信息, 使地貌信息真正实现了数字化、集成化。

对于集成好的完整的地貌信息层, 可以进行实施查错更新与应用。查错更新过程中, 可以按集成字段进行选择, 分别生成不同级别的地貌信息, 依次进行检查与纠正或者更新。在应用中, 可以根据不同研究目的对任意一级地貌信息进行提取。比如, 某研究需要了解该地区的地貌成因分布状况, 则可以选取集成字段中的成因层 name2, 生成成因分布图(图版 彩图 1), 即可进行检查、更新或应用。

3 数字地貌信息集成特征分析

数字地貌信息集成可实现快速地貌制图, 与传统的地貌制图方法相比具有如下明显特征:

(1) 数字地貌信息集成改变了传统纸质地图的保存方式。其与传统一个文件只能存储一个图层的方法相比, Geodatabase 则可以做到将同一区域具有相同投影信息各类各级矢量地貌信息的集成, 具有可扩充性, 大大提高其使用的便捷性及应用领域。

数字地貌信息具有定量化特征, 如起伏度、海



图 1 区域内数字地貌信息集成数据库(左)及说明(右)

Fig.1 Database of geomorphologic information integration of the study area

拔高度、坡度、坡向、沟谷切割深度和密度、形状等指标都可以数量化。从地形图上可读取并计算出研究区的地貌形态特征及几何特征；DEM 数据可供直接提取这些地貌特征。如用某一确定大小的采样单元去计算该采样单元内的最高与最低点，便可得出地势起伏度^[9]。

(2) 新型的面向对象的空间数据库模型 Geodatabase 实现的数字地貌信息集成系统，不仅可以直接调用任意级别的地貌信息生成地貌成因图、地貌形态图等，而且可将多要素地貌信息层进行叠加分析产生新的地貌信息层；且还可根据各级数字地貌信息图件来评判其划分指标的合理性。如，在利用 DEM 数据划分我国三级地势台阶时，其划分高度指标为 1 000m, 3 500m, 5 000m^[3]，在实际应用过程中，当用 1 000m 作为划分我国东部地势图时，发现山东低山丘陵、长白山等山地都位于低海拔区域，实际在研究这些区域时，因我国东部大部分区域地势相对都较低，在平原上高耸出现的低山其高差非常大，基本接近中海拔高度，因此，为了能反映这些山地和平原区的特殊位置，将 1 000m 的高度修正为 800m，故这些山地的高峰可位于中海拔区域。另外，通过对数字地貌信息的空间分析，可以为国民经济建设和环境问题提供基础。如图版 彩图 2 是全国 1km 的 DEM 生成的高度分级(上)与 1935

年胡焕庸教授发表第一幅中国等值线人口密度(下)对比图^[20]，其中上图的高度分级分别为 800、3 500 和 5 000m。可以看出，800m 等高线与下图的人口密度图相关性非常好。在下图从爱珲(今黑河)到腾冲画了一条直线，将中国分为东南、西北两半壁。根据 1990 年人口普查数字，东南、西北两部分的人口比例为 94.2%比 5.8%，而这条人口分布界线正好与 800m 等高线吻合。

(3) 传统的地貌图仅能代表制图时的形态成因特征，是静止的，难以满足动态分析的要求，相比而言，数字地貌信息可依据实时更新来反映这种动态变化。

数字地貌信息更新可以利用各种遥感图像数据源以实时更新地貌过程： 可从其影像上区分出 1 10 万比例尺的地貌类型； 可以借助与计算机的对地物的自动分类提取来更好的提取相应的地貌类型； 可利用高精度的遥感数据来提取地貌特征，反映微地貌等特征，这样便于动态分析。

(4) 多级地貌信息集成系统为更好地分析地貌系统过程提供了强有力的帮助。如根据形态层与成因层等对山区冰川、冰缘冻土分化和流水侵蚀剥蚀和堆积过程、消涨过程(图 2)进行分析，较全面地反映了地貌是一个统一整体的动力系统。

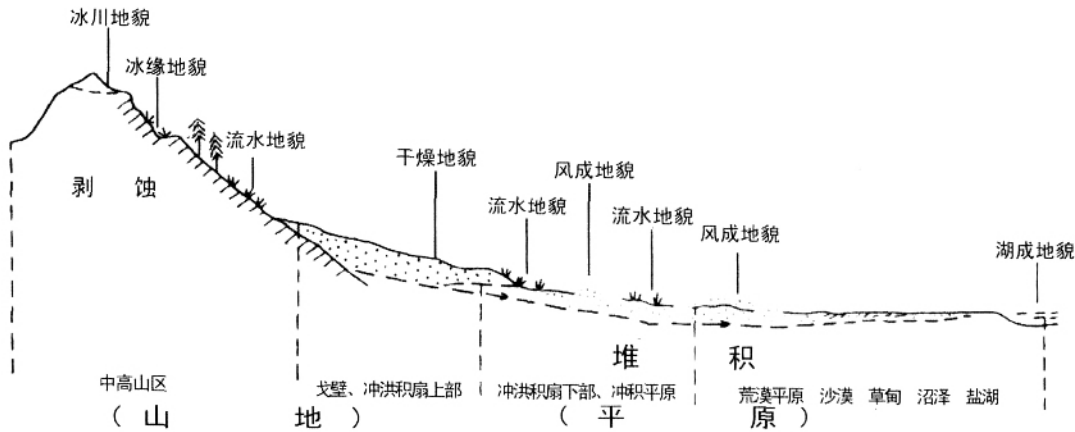


图 2 陆地地貌外营力作用下的剥蚀和堆积地貌系统示意图

Fig.2 Geomorphologic system map with matter transference between mountains and plains

4 结语

地貌制图是地貌学和制图学之间交叉学科^[9]，

传统的地貌制图方法已不能满足信息时代的要求。本次数字地貌信息集成便于用户生成各种专题图件，有助于评判划分指标的合理性以及为国民经济建设等提供数据等，保证了地貌过程动态性与系统

性分析。

目前,在数字地貌信息集成过程中还存在以下几个方面待进一步研究:基于 DEM 数据计算地势起伏度时,一是采用格网法,即直角格网式划分区域单元,以每一格网的最高点与最低点的高差作为该格网的地势起伏度即可;二是采用流域单元法,计算机自动计算出流域单元;基于 DEM 数据所得的地形形态示量图的分级指标体系仍需进一步探讨;随着全国各类基础地理数据库的相继完成,为进行全国地貌制图提供了基本信息源,以及专家的地貌知识库,从而为计算机自动生成各种类型的地貌制图奠定了基础。

参考文献

- [1] 周廷儒,施雅风,陈述彭等.中国地形区划草案.科学出版社,1956.
- [2] 中国科学院地理研究所.中国地貌图(1:4 000 000).科学出版社,1994.
- [3] 中国 1:100 万土地类型图编委会.中国 1:100 万土地类型图制图规范.北京:测绘出版社,1987.
- [4] 中国 1:100 万地貌图编辑委员会.地貌制图研究文集.北京:测绘出版社,1985.
- [5] 沈玉昌.论地貌区划的原则和方法.地理,1961,(3).
- [6] 沈玉昌,苏时雨,尹泽生.中国地貌分类、区划与制图研究工作的回顾与展望.地理科学,1982,2(2):97~104.
- [7] 沈玉昌.中国地貌的类型与区划问题的商榷.中国第四纪研究,1958,1(1):33~41.
- [8] 斯皮里顿诺夫.地貌制图学.北京:地质出版社,1956.
- [9] 苏时雨,李钜章.地貌制图.测绘出版社,1999,35~45.
- [10] 涂汉明,刘振东.中国地势起伏度研究.测绘学报,1991,20(4):311~319.
- [11] 涂汉明,刘振东.中国地势起伏度最佳统计单元的求证.湖北大学学报(自然科学版),1990,12(3):266~271.
- [12] 朱红春,张友顺,汤国安等.基于 DEM 的黄土地貌类型提取与制图.地球信息科学,2003(4):110~113.
- [13] 邓世玉,赵跃.应用卫星图像修编中小比例尺地貌图,地貌制图研究文集.北京:测绘出版社,1986.
- [14] 林俊清.卫星像片上喀斯特地貌及水系的解译.贵州科学,2000,18(3):219~224.
- [15] 刘振东,涂汉明.中国地势起伏度统计单元的初步研究.热带地理,1989,9(1).
- [16] 阎国年,钱亚东,陈钟明.基于栅格数字高程模型提取特征地貌技术研究.地理学报,1998,53(6):562~569.
- [17] Olav Slaymaker. The role of remote sensing in geomorphology and terrain analysis in the Canadian Cordillera. JAG, 2001, 3(1): 11~17.
- [18] Philip T Giles, Steven E Franklin. An automated approach to the classification of the slope units using digital data. Geomorphology, 1998, 21: 251~264.
- [19] Stephen J Walsh, David R Butler, George P Malanson. An overview of scale, pattern, process relationships in geomorphology: a remote sensing and GIS perspective. Geomorphology, 1998, 21: 183~205.
- [20] 张会平,张恒安,杨农等.基于 GIS 的岷江上游地貌形态初步分析.中国地质灾害与防治学报,2004,15(3):116~119.
- [21] 汤国安.数字高程模型在黄土丘陵沟壑区地面坡度图制作中的应用,神府地区资源与环境遥感调查及制图.北京:科学出版社,1994.
- [22] 许世远,孙以义.地貌形态模拟.地理学报,2000,55(3):266~273.
- [23] 张进平,程维明,王睿博等.中国 1:100 万遥感地貌制图方法的试验——以南京幅(1:50)为例.地球信息科学,2005,7(2):36~40.
- [24] 从地理学透视中国现代化, <http://www.sciencetimes.com.cn/cd156/article.htm?id=61647>. 科学时报,2005.9.20.

Key Topics on Information Integration of Digital Geomorphology in China

LONG En^{1,2}, CHENG Weiming¹, LIU Haijiang¹, CHAI Huixia¹, LI Rui¹

(1 State Key Lab of Resources and Environment Information System, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 2 Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: Geomorphology is one of the most important components of physiographic environment. Traditional geomorphologic mapping method mainly depends on handwork and field surveying; this mapping method needs

enormous human work, and long mapping time. Therefore, this method does not satisfy the needs of information age. With the rapid development of RS and GIS, more and more geomorphologic mapping can be gotten and finished by means of Remote Sensing data indoor in a shorter period of time. This research summarizes the achievements of geomorphologic classification and mapping methodology, and puts forward the concept of digital geomorphology, including digitalization, updating, dynamic and systemic features, which can store all of the geomorphologic information, even update them. New geomorphologic classification system utilizes many layers and classification methodology, which can divide continental landform into seven layers, i.e., altitude and undulating degree basic formation causes, sub-causes, morphology, sub-morphology, slope and aspect, and matter composition. And information integration can be divided into loose and tight ways. There are several characteristics of the digital geomorphology, including digitalization and quantification of all geomorphologic information, spatial analysis, dynamic features and geomorphologic system. Digital geomorphology can play important roles in agricultural production, environmental protection, construction of national defense, etc.

Key words: digital geomorphology; information integration; remote sensing; geographic information system

上接 P77

A Study on the Classification of Watersheds in Fujian Province Based on DEM

CHEN Jiabing^{1,2}, LI Huiguo^{2,3}, ZHENG Daxian¹, ZENG Congsheng

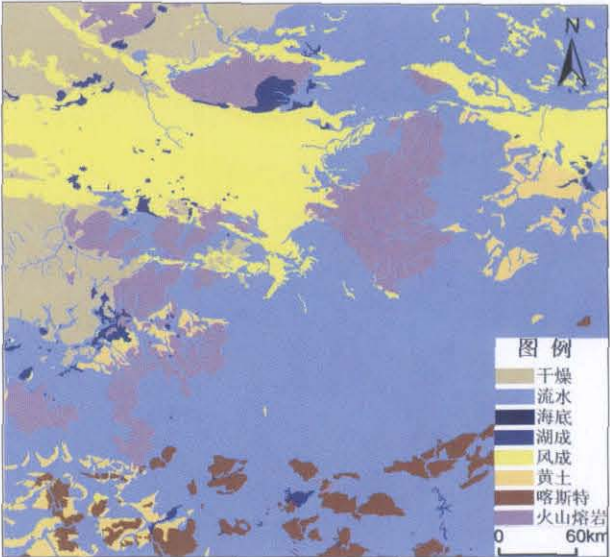
(1 Institute of Geography, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China;

2 Spatial Information Research Center, Fujian Province, Fuzhou 350002, China;

(3 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

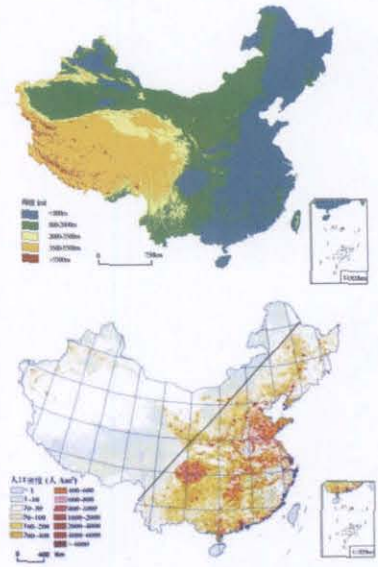
Abstract: Based on Digital Line Graphic (contour, scale: 1/100 000), firstly, the authors produce DEM (Digital Elevation Model, 30 × 30m) of Fujian Province by GIS special interpolation technology under the environment of ARC/INFO software. Secondly, under the environment of hydrologic model of ARC/INFO software, through DEM pretreatment, flow direction analysis, flow accumulation analysis and watershed recognition, 1 435 small watersheds are extracted. The result of the study shows: In the mountain area, the watershed boundary line is almost identical to the ridge line, but in the flat country, the result is less satisfactory because of DEM precision, devious coastline and bitty bay, the watershed boundary line needs revising artificially further. The fast extraction of the watersheds based on DEM saves manpower and material resources greatly, which is feasible according to efficiency and precision. With constant improvement of the precision of DEM, this method will lay solid foundation for the quick analysis of spatial combination characteristics of various physical geographic elements within the range of watersheds in the whole province, data management of observation stations synthetically, and the visual browse, inquiry, statistics and hydrology of model analysis, which will promote the implementation of eco-environment managements, such as eco-environmental protection, eco-environment construction, etc.

Key words: digital elevation model; watershed; classification; Fujian Province



彩图 1 研究区内地貌成因分布图

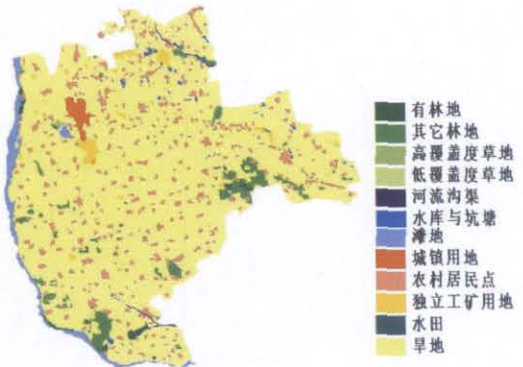
Fig.1 Genetic geomorphologic types of study area



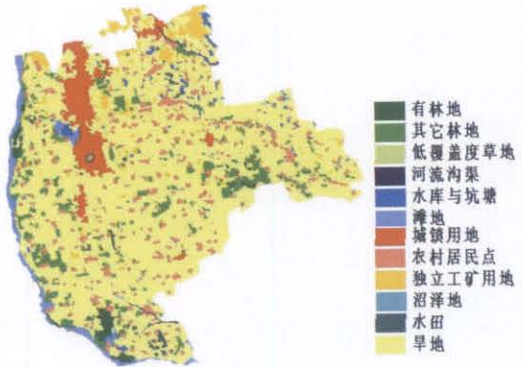
彩图 2 中国地势绝对海拔高度和中国等值线人口密度对比图（胡焕庸教授，1935）

Fig.2 Terrain height and population contours in China

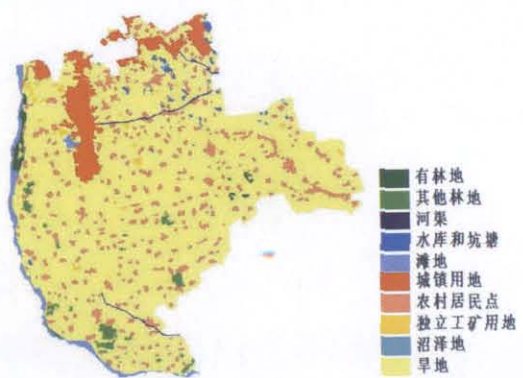
牟风云： DMC 数据在土地利用动态监测中的应用分析
——以北京市大兴区为例



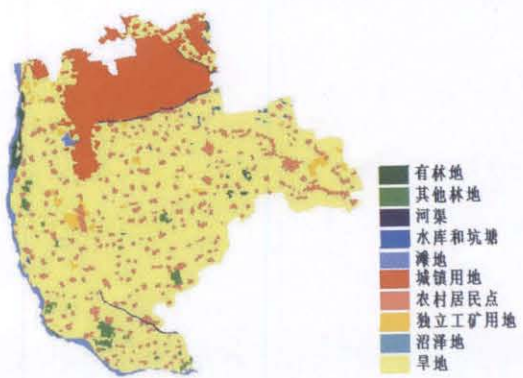
彩图 1 大兴区 1987 年土地利用示意图
Fig.1 Land use sketch map of Daxing in 1987



彩图 2 大兴区 1995 年土地利用示意图
Fig.2 Land use sketch map of Daxing in 1995



彩图 3 大兴区 2001 年土地利用示意图
Fig.3 Land use sketch map of Daxing in 2001



彩图 4 大兴区 2004 年土地利用示意图
Fig.4 Land use sketch map of Daxing in 2004