

# 基于 Srm-DEM 与遥感的长白山基本地貌类型提取方法

龙恩<sup>1,2</sup>, 程维明<sup>1</sup>, 周成虎<sup>1</sup>, 姚永慧<sup>1</sup>, 刘海江<sup>1</sup>

(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:** 基于中国 1: 100万数字地貌制图工作, 以吉林省长白山区为试验区, 对基于 Srm-DEM 与遥感提取基本地貌类型方法进行了探讨。研究表明, 基于 Srm-DEM 派生的各种模型对基本地貌类型自动提取具有很大的实效性: 其中坡度  $3.5^\circ$  是实现该区平地 and 山地宏观地貌单元自动提取的最佳断点, 高程模型及起伏度模型相结合, 可初步实现基本地貌类型的自动提取, 其结果可很好的反应区域地貌宏观规律; 在此基础上, 基于 30m 空间分辨率的遥感影像, 综合运用区域地质、土地利用、植被、土壤等多地理要素信息及制图综合知识, 以及地貌单元的完整性特征, 以山脊线、坡折线和山麓线为地貌单元的标志线, 基于地貌知识的专家修正, 可获得研究区完整的基本类型地貌单元, 实现了基于 Srm-DEM 与遥感的基本地貌类型的智能化提取; 最后, 以研究区内 1: 50万地貌图为准, 对提取结果进行定性、定量评价分析表明, 其提取总体精度达 76%, 面积相差较小; 该方法在一定程度上改进了传统手工和野外调查为主的提取方法, 实现了地貌信息的数字化、定位化及定量化, 为全国 1: 100万数字地貌信息提取与集成奠定了基础。

**关键词:** Srm-DEM 遥感; 基本地貌类型; 智能化提取; 长白山

**中图分类号:** P931 TP75

**文献标识码:** A

地貌是自然地域综合体的主导因素, 直接影响甚至决定着其他要素特征。作为中国 1: 100万数字地貌制图工作中的第一层——基本地貌类型<sup>[1]</sup>, 对地球表面宏观地域分异、水分、能量的再分配等有着重要影响, 并间接影响着土壤、植被以及物质迁移和生态系统的总体演替和发展<sup>[2,3]</sup>。对其准确、快速的提取工作, 不仅关系到更高级别地貌信息的准确提取, 同时还对进一步的地貌格局分析、地貌区划等有着重要意义, 在整个中国 1: 100万数字地貌制图工作中, 具有统领全局的重要地位<sup>[1]</sup>。

传统上, 人们对于地貌信息提取主要是采用大比例尺地形图分析、野外实地勘查等来获取地貌信

息, 该方法虽然精度相对较高, 但工作量大、历时长, 甚至某些地区人们难以到达, 已远不能满足信息时代的要求。近年来, 随着数字技术、遥感技术以及全球定位等技术飞速发展, 人们开始基于数字高程模型、遥感影像等各种数据源尝试地貌特征提取方法, 如 Philip T. Giles(1998)利用 DEM 研究自动提取坡度单元的分类方法<sup>[4]</sup>; 张会平等利用 DEM 数据自动提取坡度等地形要素来研究岷江上游地貌形态<sup>[5]</sup>; 汤国安等利用 DEM 来研究地形定量因子的挖掘及地形起伏度的研究等<sup>[6,7]</sup>; 李军峰等利用 DEM 自动提取沟谷网络及节点技术等来研究水流累计量均值分级统计规律<sup>[8]</sup>; 陈庆涛对川东地区

收稿日期 (Received date): 2007-04-11; 改回日期 (Accepted): 2007-08-03.

基金项目 (Foundation item): 科技部科学数据平台项目 (2005DKA32300-07)和中国科学院知识创新项目 (典型地貌形态提取方法研究) 资助。

[This work was supported by Science Data Platform of Ministry of Science and technology in China Grant No. 2005DKA32300-07 and Knowledge Innovation Project of Chinese Academy Science (Extraction Methodology of Typical Geomorphic Form).]

作者简介 (Biography): 龙恩 (1978-), 女, 河南人, 博士研究生, 主要从事数字地貌、遥感、GIS应用方面研究。E-mail: longen@reis.ac.cn

[Long En (1978-), born in Henan, Ph.D. candidate of digital geomorphology, remote sensing and the applications of GIS.]

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

TM 影像进行波段优选、信息提取与处理, 完成了研究区 1: 2万地貌综合解译图等<sup>[9]</sup>。在遥感与数字高程模型综合运用与地貌学方面, Miliariesis对 CentralDeath valley的 Bajadas(洪积扇)地貌信息进行了提取试验, 取得了较好结果<sup>[10-11]</sup>, 这对促进地貌研究起到了很好的作用。

虽然国外已将遥感、数字高程模型等综合运用与地貌信息提取中, 但由于地貌本身的区域性和复杂性等, 其方法还并不成熟, 尤其是对于我国, 地貌类型复杂多样、区域特点差异显著, 综合运用遥感与数字高程模型进行地貌信息提取试验更为欠缺。

鉴于此, 本文基于正在进行的中国 1: 100万数字地貌制图工作, 以分类系统中起控制作用的第一层——基本地貌类型为例, 吉林省长白山区为试验区, 对基于 Srtm-DEM 与遥感提取基本地貌类型方法进行了研究, 以期实现地貌信息数字化、定位化及量化的智能化提取, 包括基于坡度的山地平原大地貌单元的分割、基于领域分析的地势起伏度地貌

形态的提取、以及基于地貌知识的地貌界线修正等, 该研究可为全国 1: 100万数字地貌信息提取与集成奠定基础。

## 1 方法

### 1.1 研究区及数据源

长白山区位于我国吉林省东部, 东南以图们江、鸭绿江和长白山天池为界与朝鲜毗邻, 最高峰为白头山, 海拔 2 700 m左右, 坐落在中朝两国的边境线上, 属巨型复式火山。研究区整体地貌形态以长白山为中心, 呈起伏状向四周逐渐降低, 先是大面积的熔岩台地, 后为台地周围被群山环抱。区内中(低)海拔平原、中(低)海拔台地、中(小)起伏低山、中(小)起伏中山等多有发育, 为对我国东部基本地貌类型提取试验的典型区(图 1)。另外, 长白山区曾是笔者进行土壤、地貌的实习基地, 因此存在一定的感性认识和研究基础。

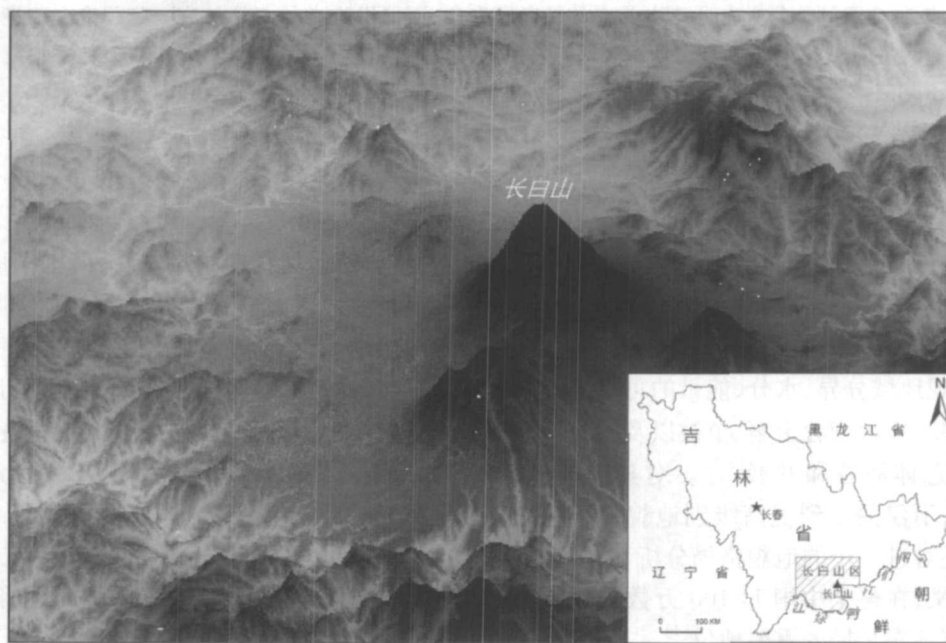


图 1 研究区位置图

Fig 1 Position map of study area

本次试验数据源主要有 Srtm (Shuttle Radar Topography Mission)采集的 90 m 格网大小 DEM 数据、1990年代 30 m 空间分辨率的 TM 742波段组合遥感数据; 此外还有 1: 25万地形数据、1: 50万吉林省地貌图以及各类文字资料等。

地貌分类是基本地貌类型信息提取的基础, 本

文据中国 1: 100万数字地貌制图规范, 考虑研究区域地貌特点, 首先按起伏度分为平原(一般 < 30 m)、台地(一般 > 30 m)、丘陵(一般 < 200 m)、小起伏山地(200~500 m)、中起伏山地(500~1 000 m), 然后按海拔分为低海拔(< 800 m)、中海拔(800~3 500 m), 将二者组合, 形成区内 1: 100万基

本地貌类型 (表 1)。

表 1 研究区内基本地貌类型		
Table 1 The basic landform types of study area		
起伏度	低海拔 < 1 000 m	中海拔 1 000~ 3 500 m
平原 (< 30 m)	低海拔平原	中海拔平原
台地 (> 30 m)	低海拔台地	中海拔台地
丘陵 (< 200 m)	低海拔丘陵	中海拔丘陵
小起伏山 (200~ 500 m)	小起伏低山	小起伏中山
中起伏山 (500~ 1 000 m)	中起伏低山	中起伏中山

1.2 方法步骤

任一地貌实体都可以理解为由不同几何面围成的物质体, 其形态要素可有很多: 坡度、坡向、坡长、高程、地表起伏等<sup>[12]</sup>。对本次 1: 100 万数字地貌中以高程、起伏度组合而成的基本地貌类型而言, 在提取过程中, 一方面基于 Srtm-DEM 派生出的坡度、高程、起伏度等模型, 初步实现地貌信息的自动提取; 另一方面据区域地貌特点, 充分考虑地貌与地质、植被、土壤、土地利用等的密切联系, 借助专家地貌知识, 经解译推理, 在自动提取基础上实现基于知识的专家修正 (图 2)。

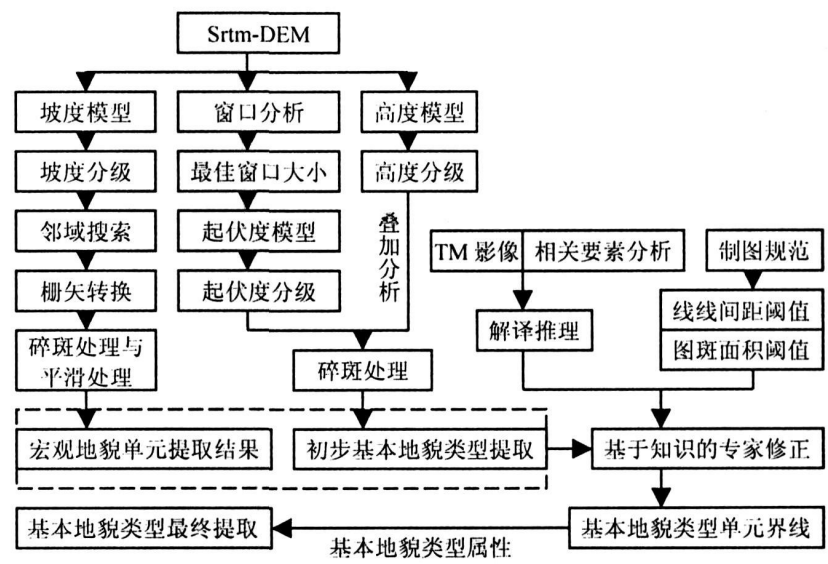


图 2 技术流程图

Fig 2 Technology flw map

1.2.1 宏观地貌单元提取

平原、山地是陆地地貌体系最为宏观的地貌单元<sup>[13]</sup>, 是进行基本地貌类型甚至更高级别地貌类型提取的基础。本研究据区域地貌特点将宏观地貌单元特指为平地 (平原、台地)、山地 (中山、低山、丘陵、沟谷) 两大类

坡度是地貌实体的重要形态参数之一, 代表地面某点的倾斜程度, 一般指水平面与局部地表之间夹角的正切值。坡度值大代表倾斜度大, 比较陡, 多分布于山区、沟谷区; 坡度值小代表倾斜度小, 比较平缓, 多分布于平地区。从此角度理解, 任一种地貌实体都可分解为不同坡度、坡向的几何面, 且这些几何面可继续细分更小的几何面<sup>[14]</sup>, 因此, 山地可理解为由一个个坡度大于某一阈值相互连接而达到一

定面积的坡面组成, 平地则是小于这一域值的达到一定面积的连通区域<sup>[15]</sup>。因此, 据区域地貌特点, 选择恰当的坡度模型, 设置合理的坡度域值和面积域值, 那么基于坡度模型则可实现大地貌单元的自动提取, 即平地、山地的初步划分 (图 3)。

具体步骤: 首先, 选择目前较被大家公认的 Borrough P. A 提出的窗口微分坡度算法<sup>[16]</sup>, 综合运用具有较强地貌学意义的自然裂点分级法和更适合区域地貌特点的主观分级法相结合<sup>[17]</sup>, 对坡度数据频数直方图进行分析, 确定最佳分级断点 3.5°, 进行坡度分割; 接着, ArcGIS 中综合运用 4 向与 8 向两种 region group 搜索方法, 对坡度分割后的图层进行 8 向 / 4 向相结合的邻域搜索聚类, 目的是将相连且具有相同坡度分级值的栅格归为一个区域; 然后, 进

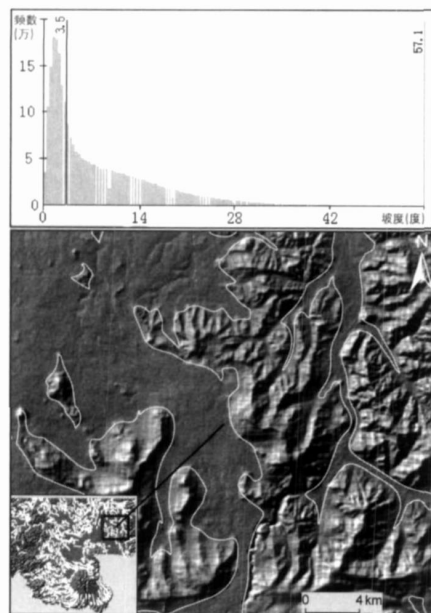


图 3 坡度频数图与宏观地貌单元图

Fig 3 Slope-frequency and big landform units map

行栅矢转换,并在 ArcGIS 中基于 paek 算法、进行平滑阈值为 3 000 m 的矢量线平滑处理;最后基于 1:100 万地貌制图规范和 ArcGIS 中 Eliminate 命令,将面积小于 1.5 km<sup>2</sup> 的图斑融合相邻面积较大图斑中,完成平地、山地的初步提取;

### 1.2.2 基本地貌类型提取

海拔与起伏度是提取基本地貌类型的两个重要指标<sup>[1]</sup>,也是地貌形态的重要参数。其中海拔代表地面某点的绝对高度,主要用来反映区域地貌高低状况,是划分低海拔(<1 000 m)、中海拔(1 000~3 500 m)、高海拔(3 500~5 000 m)和极高海拔(>5 000 m)及低山、中山、高山、极高山的主要指标<sup>[1]</sup>。但因各区域地貌特征差异较大,类型复杂,因此该精确的定量指标并不适用于所有区域。如长白山区除白头山峰外,其余海拔均小于 1 000 m,若按此指标则并不能反映当地实际地貌特点,若对分级指标适当微调,将其中低海拔界线修正为 800 m,则更能反映区域地貌特点。

起伏度主要反映区内地势高低起伏状况,指一定空间单元内最高点与最低点的高差。该空间单元形状目前常用的多为方形、圆形等规则形状,目的是便于计算机自动计算提取,但该方法一般适于体现宏观地貌规律的小比例尺起伏度提取,对于包含许多微观地貌信息的中大比例尺起伏度提取与制图而言较难达到理想效果<sup>[7]</sup>。针对本研究 1:100 万的

中比例尺度,本文尝试采用在基于规则格网的自动提取基础上,结合遥感影像,考虑地貌实体完整性,进行单元边界线的专家修正,反求单元内的最大高差,即单元内起伏度值。

基于以上思路,在基于规则图形自动提取过程中,本研究采用目前运用最广也是最被认可的规则窗口递增法。首先对研究区内以 2\*2 起始窗口,到 60\*60 终止窗口,移动步距多为 2,计算窗口内最大高差;然后,基于数理统计对窗口大小与最大高差值做曲线拟合,将其拐点处 16\*16 作为最佳统计窗口用以计算区内起伏度图(图 4 上);最后,据基本地貌类型定量指标,对起伏度及高程进行分级并将其叠加自动生成研究区内基本地貌类型初图(图 4 下)。

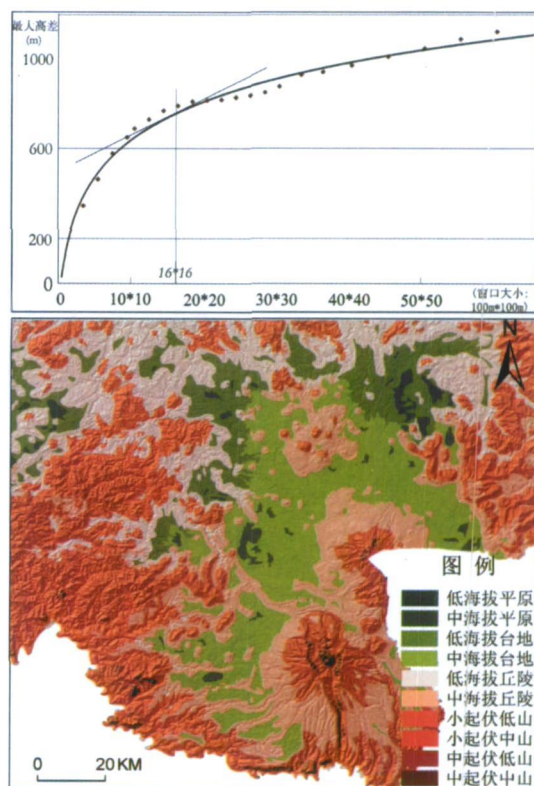


图 4 窗口大小与起伏度曲线图(上)  
及自动提取基本地貌类型图(下)

Fig 4 The curve between window scales and relief(up)  
and basic landform types of automatic extraction

### 1.2.3 基于遥感的专家修正

基于遥感的专家修正,实际是在上述基于 Srm-DEM 自动提取基础上,进一步结合 30 m 高空间分辨率 TM 遥感影像,进行专家知识的地理要素相关分析及制图综合,通过人脑分析、推理、判断,对其部

分定位不准确或者差异显著的界线进行专家修正, 使其单元界线更具地貌意义; 最后反求修正后单元内最大高差及最大高程, 赋予单元基本地貌类型属性值, 以期提高提取的定性、定位精度。

因地貌具有空间上高低起伏的视觉效果, 所以在基于遥感进行专家修正时, 将影像旋 180°, 使其转为正地貌视觉, 能大大方便专家识别。

### 1. 基于区域地理要素相关分析的专家修正

遥感影像是区域地质、植被、土壤、水文、生态环境等多因子光谱信息的综合反映, 基于专家知识, 进行试验区内各地理要素相关分析, 综合运用各种解译推理方法, 对于提高地貌信息的专家修正精度具有重要参考价值。

各基本地貌类型空间上相互镶嵌, 其宏观格局受大地构造控制。本研究区位于第二隆起带的长白

山区, 该地质构造就决定了相对山地而言, 区内平原面积不大, 且多发育在沟谷两侧; 不同年代的岩性对于区分各地貌类型也有一定的辅助作用, 如区域内早期花岗岩、闪长岩、安山岩等一般分布于受侵蚀的山区, 而全新世玄武岩等则一般分布于相对接受堆积的平原、台地区; 参与了人类活动痕迹的土地利用方式及植被覆盖对地貌条件的依赖性较强, 是进行地貌判断较好的指示剂: 一般耕地及城镇用地多分布于平原、台地区, 而林地及难以利用土地多分布于低山、中山区, 而由于人类活动的加强, 丘陵地带被人为开发, 成为两者过渡地带; 对植被而言, 一般人工植被多分布于平原、台地区, 而大面积的自然阔叶林、针叶林等则多分布于中山、低山区; 另外, 区内棕壤多分布于平原、台地区, 而高山苔原土、棕色针叶林土、暗棕壤等则多分布于中山、低山区 (图 5)。

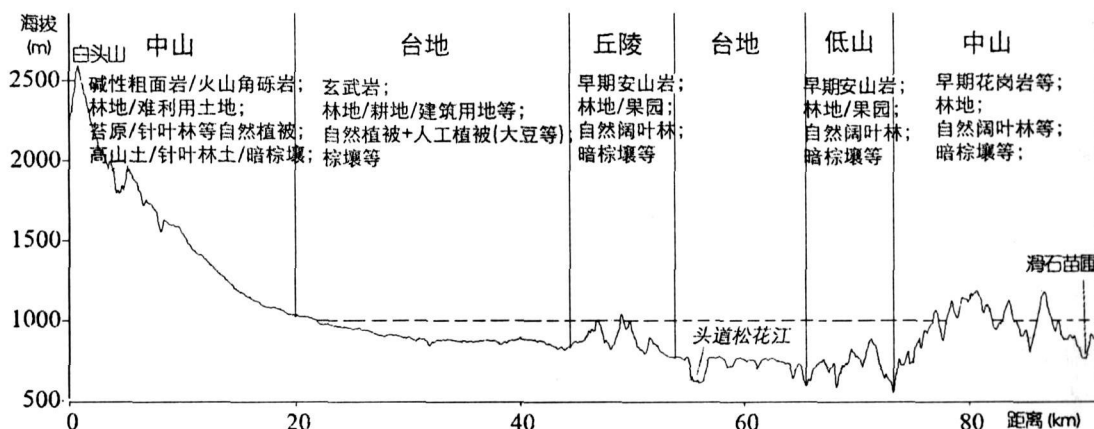


图 5 地貌与岩性、土地利用、植被、土壤对应图示

Fig 5 The corresponding map of landform and lithology, landuse, vegetation, soil etc

此外, 基于地物在遥感影像所表现的分布、形状、阴影等亦可辅助专家修正。对山地而言, 一般形状上近圆度大、面积大、分布广、存在阴影, 相比而言, 平原则形状近圆度小、面积小、无阴影, 包含众多居民地, 是人类活动的主要地貌部位。

### 2. 基于地貌制图的专家修正

基于遥感的专家修正除要求满足地貌信息的准确性、定位修正外, 还要满足地貌制图的综合问题。对 1: 100 万地貌制图而言, 比例尺过大与过小都不合适, 经反复试验, 确定其最佳修正比例尺为 1: 20 万。据中国 1: 100 万数字地貌制图工作规范<sup>[4]</sup>: 最后成图时面积 > 1.5 mm<sup>2</sup> (实际面积 1.5 km<sup>2</sup>) 的图斑均需提取, 对于长条形图斑, 两线间最小距离不 < 1 mm (实际 1 km)。在此规范基础上,

对基本地貌类型最小图斑面积及两线间最小距离设定进行多次试验, 设置合理阈值, 最后, 在典型解译标志的辅助下进行基于专家知识的边界修正。

最后, 针对专家修正过的地貌单元, 利用 Srm-DEM 数据, 反求每个地貌单元内的最大高差及高程, 并结合基本地貌分类系统表, 据其值的归属范围, 赋予每个地貌单元的类型属性值, 完成基本地貌类型的最终提取 (图 6)。

这里需要说明的是, 不论是基于地理要素或地貌制图的专家修正, 虽然均在上述自动提取基础上进行, 但不同专家对区域要素的熟悉程度、影像上识别地貌类型水平的不同等, 可能会导致修正结果存在一定程度的差异。因此, 基于自动提取结果基础上的修正, 要求修正专家必须在充分了解分析区域



地理背景条件下进行。

2 结果分析

由于年代久远或近些年有关区域地貌制图研究的缺乏,该区目前仅存有吉林省 1: 50万地貌成图。为对本次提取结果进行定性、定量的分析评价,除实地考察外,该图是目前唯一值得参考的有价值的图件。虽然两者制图原则及标准存有一定程度的差异,但在大地貌形态单元“平原、台地、丘陵、低山、中山”的划分指标上却是一致的,如中、低山均以海拔高度 800 m 为界,且相对高度在 200 m 以上;丘陵相对高度均 200 m 以下,常无明显延伸方向;台地相对高度 20~ 30 m 以上,且由较陡的坡坎和较缓的台面组成;平原地面平整开阔,相对高度较小等。因此,可将本文基本地貌形态类型和吉林省 1: 50万地貌图中地貌类型,根据这些相同指标进行统一归并为平原、台地、丘陵、低山、中山等 5 种形态类型(表 2),并假定在以研究区内 1: 50万大比例尺地貌图为基础的基础上进行评价分析。

2.1 定位、定性分析

表 2 地貌类型统一前后对照表

Table 2 The comparison table of landform types before and after unification

1: 50万中地貌类型	统一形态类型	1: 100万中基本地貌形态类型
中起伏火山中山、侵蚀剥蚀中起伏中山、侵蚀剥蚀小起伏中山	中山	中起伏中山、小起伏中山
侵蚀剥蚀中起伏低山	低山	中起伏低山、小起伏低山
侵蚀剥蚀高(低)丘陵、熔岩高(低)丘陵	丘陵	中海拔丘陵、低海拔丘陵
倾斜熔岩高台地、平坦熔岩高(低)台地	台地	中海拔台地、低海拔台地
起伏熔岩高台地、起伏侵蚀剥蚀低台地		
河谷平原、熔岩谷地、河流、湖泊、冲沟	平原	中海拔平原、低海拔平原

表 3 评价矩阵表

Table 3 The matrix of precision evaluation

类型	平原	台地	丘陵	低山	中山
平原	83.33	0.00	0.00	0.00	0.00
台地	16.67	100	6.25	0.00	4.17
丘陵	0.00	0.00	37.50	0.00	0.00
低山	0.00	0.00	31.25	66.67	0.00
中山	0.00	0.00	25.00	33.33	95.83
总计	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
精度	76.00				

从表中可以发现,本文基于 Srtm-DEM 与遥感提取结果定位定性总体精度为 76.00%,其中台地与中山提取精度相对较高,分别达 100%、95.83%。

假定研究区内 1: 50万大比例尺地貌图为基础,随机抽取 100个样点,将本次提取结果与其对比分析,进行定位定性分析(表 3)。

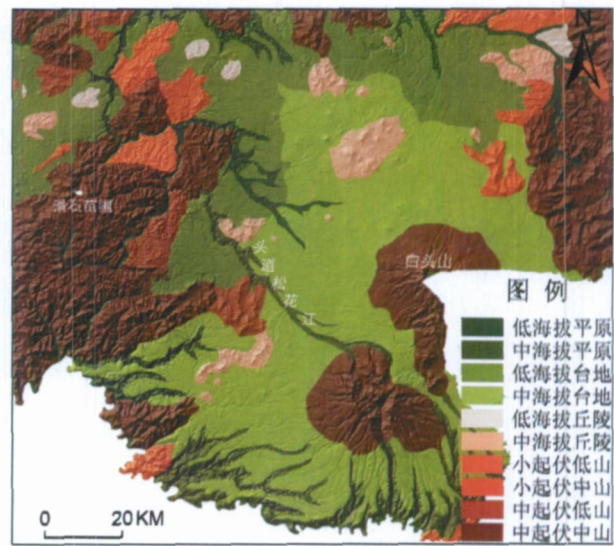


图 6 基本地貌类型最终提取结果

Fig. 6 Result map of basic landform type

平原、低山次之,分别为 83.33%、66.67%,而丘陵提取精度最低,仅为 37.50%。分析原因可能为,若 1984年的 1: 50万大比例地貌图该地貌类型是正确的,那么当时其相对高差可能微大于 200 m,在 20多年后的今天,由于人类活动或流水侵蚀等作用,导致现代相对高差微小于 200 m,导致地貌类型由山地变为丘陵;但也不能排除 1984年地貌图本身存有个别错误。据丘陵定义(相对高差小于 200 m、最高点不在边缘、坡度大于 7°<sup>[1]</sup>),加上该地貌类型多零星分布于大面积台地之上的独特空间格局,因此,笔者认为将其归并为丘陵显得更为合理(图 7)。

2.2 定量分析

对两次提取结果各地貌形态类型面积进行统计

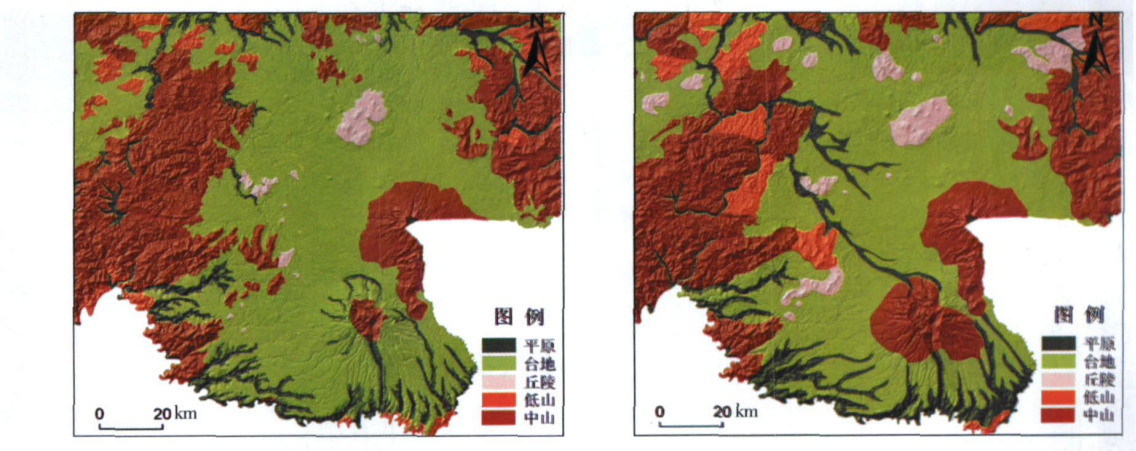


图 7 基本地貌形态类型对比 (左: 1: 50万; 右: 1: 100万)

Fig 7 The comparison map of basic landform types between 1: 500,000 and 1: 1,000,000)

表 4 面积对比表

Table 4 The area comparison table of each landform types

类型	本次提取		老图	
	面积 (km <sup>2</sup> )	百分比	面积 (km <sup>2</sup> )	百分比
平原	1 881.5	10.9%	1 379.9	8%
台地	7 804.1	45.2%	8 923.5	51.7%
丘陵	724.6	4.2%	259.4	1.5%
低山	927.7	5.4%	652.6	3.8%
中山	5 923.2	34.3%	6 045.7	35.0%
总计	1 7261.1	100%	1 7261.1	100%

83%; 与此对比, 平原、低山、丘陵则所占比例相对较小, 分别为 9%、4%、3% 左右, 是研究区内次要的地貌形态类型。

3 结论与讨论

利用 Srtm-DEM 及遥感影像为数据源, 将基于计算机的自动提取及知识的专家修正结合在一起, 以中国 1: 100万数字地貌制图工作中第一层——基本地貌类型为例, 探讨了自动半自动的地貌单元提取方法; 并以研究区内 1: 50万大比例尺地貌图为准, 对最终提取进行评价分析, 发现效果较好。与传统提取方法及目前利用单一的数字高程模型提取法相比较, 本研究有以下几点结论:

- 1. 相对传统基于大比例尺地形图和野外实地勘查手工为主地貌单元提取而言, 本研究基于 Srtm-DEM 与遥感的基本地貌类型自动半自动提取方法, 工作量小, 能在较短时间内推陈出新, 较快服务于社会生产; 从最终提取结果总体精度 76%、个别类型精度高达 100% 来看, 该方法行之有效, 并随遥感等获取高精度空间数据能力的不断提高, 其提取结果精度也会相应提高, 具有扩展性。
- 2. 基于坡度模型, 该研究区以 3.5°分级断点、1.5 km<sup>2</sup>图斑面积阈值、进行平滑阈值为 3 000 m 的平滑处理等, 可实现平原、山地的自动提取工作。据研究区域及比例尺不同, 其分级断点及阈值设定会有差异, 今后可在有条件的典型区进一步据此思路进行试验, 进行规律性探讨。
- 3. 对起伏度的提取, 本文采用目前运用最广也是最被认可的规则窗口递增法。并对研究区内 2\*

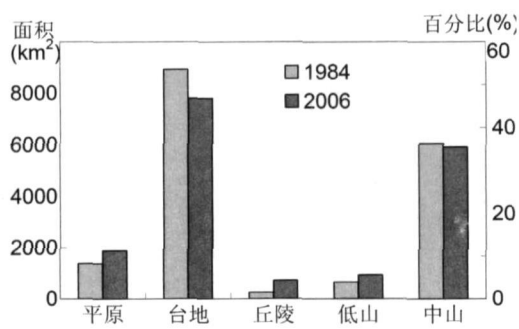


图 8 各基本地貌形态类型面积 /百分比对比图

Fig 8 The comparison map of basic form landform types

分析, 从表 4 及图 8 中可发现, 两者总体上表现出了很好一致性, 即台地 中山 平原 低山 丘陵, 面积依次减少总体规律, 且各地貌类型两次提取结果面积相差均不大, 这从定量角度印证了本次提取结果的可靠性;

在各类型面积统计中, 其中台地面积最大, 是研究区内最主要的形态地貌类型, 均占 50% 左右的比例; 其次中山, 占 35% 左右, 两者约占区内总面积的

2到 60° 60移动窗口内的最大高差进行数理统计, 据窗口大小与最大高差值的拟合曲线, 将其拐点 16 \* 16网格大小作为最佳统计窗口计算起伏度图, 可较好的表达区内地貌宏观规律。但该值是否适用于其它区域还需进一步探讨。

4. 基于遥感专家修正, 可将专家的野外感性认识及和地貌相关知识融入起来, 充分发挥专家知识库及高分辨率数据源的优势, 提高提取的定位、定性精度, 实现了基于 DEM 和影像地貌类型界线精确定位和基于多源辅助数据地貌属性的确切赋值。

5. 本研究针对 1: 100万地貌制图工作, 融入了制图学内容, 因提取任何一种地貌信息, 最后都要涉及制图环节。基于高分辨率 Srtm-DEM 自动提取的地貌单元界线, 虽在大比例尺下更合乎当地真实情景、更加细腻趋真, 但针对中小比例尺制图, 则需进行综合, 因此在基于遥感的专家修正过程中, 需考虑出图比例尺。

随着全国各类基础数据库、尤其是与地貌紧密联系的各自然要素数据的相继完成, 为进行地貌信息提取提供了很好的数据源, 今后可以在高精度数字高程模型支持下, 以遥感影像为基础, 借助于各类数据源及专家地貌知识库, 进行典型区试验, 通过建模等方法进一步实现更详细级别的地貌信息自动提取。

## 参考文献 (References)

- [1] Institute of Geography, CSA. Mapping Criteria and Standard of Geomorphologic Maps of 1: 1, 000, 000 in China (draft) [S]. 2005. 4. [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. 中华人民共和国 1: 100万数字地貌图制图规范 (征求意见稿) [S]. 2005. 4.]
- [2] Phil A. Graniero, Jonathan S. Price. The importance of topographic factors on the distribution of bog and health in a new foundland blanket bog complex [J]. *Catena*, 1999, 36: 233~254
- [3] Michael P. Bishop, John F. Shroder Jr., Jeffrey D. Colby. Remote sensing and geomorphometry for studying relief production in high mountains [J]. *Geomorphology*, 2003, 55: 345~361
- [4] Philip T. Giles, Steven E. Franklin. An automated approach to the classification of the slope units using digital data [J]. *Geomorphology*, 1998, 21: 251~264
- [5] Zhang Huiping, Zhang Hengan, Yang Nong *et al*. A GIS-based research on geomorphological configuration features of the upstream region of Jinjiang River [J]. *The Chinese Journal of Geographical Hazard and Control*, 2004, 15(3): 116~119 [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 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 2004, 15(3): 116~119]
- [6] Tang Guoan, Yang Weiyang, Yang Xi *et al*. Some Key Points in Terrain Variables Deriving from DEM [J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2003, 28(1): 28~32 [汤国安, 杨玮莹, 杨昕, 等. 对 DEM 地形定量因子挖掘中若干问题的探讨 [J]. 测绘科学, 2003, 28(1): 28~32]
- [7] Zhu Hongchun, Chen Nan, Liu Haiying *et al*. Research on the relief based on 1: 10000 DEMs—A case study in the Heshan plateau of north Shanxi Province [J]. *Science of Surveying and Mapping*, 2005, 30(4): 86~88 [朱红春, 陈楠, 刘海英, 等. 自 1: 10000 比例尺 DEM 提取地形起伏度——以陕北黄土高原的实验为例 [J]. 测绘科学, 2005, 30(4): 86~88]
- [8] Li Junfeng, Li Tianwen, Tang Guoan, *et al*. Research of Water Accumulation of Channel Network Nodes Based on DEM [J]. *Journal of Mountain Science*, 2005, 23(2): 228~234 [李军锋, 李天文, 汤国安, 等. 基于 DEM 的沟谷网络节点水流累积量研究 [J]. 山地学报, 2005, 23(2): 228~234]
- [9] Chen Qingtao, Yang Wunian, Yi Xianzhi *et al*. The Application of Satellite Remote Sensing TM Imaging to the Study of Geomorphic Interpretation, Eastern Sichuan [J]. *Journal of Chengdu University of Technology*, 2000, 27(3): 318~323 [陈庆涛, 杨武年, 易显志, 等. 卫星遥感 TM 图像在川东地区地貌解译研究中的应用 [J]. 成都理工学院学报, 2000, 27(3): 318~323]
- [10] Miliaresis G., Argyalas D., Extraction and delineation of alluvial fans from digital elevation models and Landsat Thematic Mapper images [J]. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 2000, 66(9): 1093~1101
- [11] Miliaresis G. Extraction of bajadas from digital elevation models and satellite imagery [J]. *Computer & Geosciences*, 2001, 27(10): 1157~1167
- [12] L. Guonian, Qian Yadong, Chen Zhongning. Automated Extraction of the Characteristics of Topography from Grid Digital Elevation Data [J]. *Acta Geographica Sinica*, 1998, 53(6): 562~568 [闫国年, 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 [J]. 地理学报, 1998, 53(6): 562~568]
- [13] Bang Da Chu Ke. The Theory of Geomorphology [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1957. [邦达楚克. 地貌学原理 [M]. 北京: 地质出版社, 1957.]
- [14] Su Shiyu, Li Juzhang. Geomorphology Mapping [M]. Beijing: Mapping Press, 1999. [苏时雨, 李钜章. 地貌制图 [M]. 北京: 测绘出版社, 1999.]
- [15] Xiao Fei, Zhang Baiping. Digital Analysis and Simulation of Mountain Environmental Factors in West Kunlun Mountain [D]. Beijing: Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, 2005. [肖飞, 张百平. 西昆仑山地环境要素的数字分析及模拟 [D]. 北京: 中国科学院地理科学与资源研究所, 2005.]
- [16] Chen Nan, Wang Qimin, Tang Guoan. A contrast analysis of slopes extracted by different algorithms based on DEM [J]. *Engineering of Surveying and Mapping*, 2006, 15(1): 6~9 [陈楠, 王钦敏, 汤国安. 自 DEM 由不同算法提取坡度的对比分析 [J]. 测绘工程, 2006, 15(1): 6~9]
- [17] Tang Guoan, Song Jia. Comparison of slope Classification Methods Slope Mapping from DEM [J]. *Journal of Soil and Water Conservation*, 2006, 20(2): 157~192 [汤国安, 宋佳. 基于 DEM 坡度图制图中坡度分级方法的比较研究 [J]. 水土保持学报, 2006, 20(2): 157~192]



## Extraction of Landform Information in Changbai Mountains Based on Srtm-DEM and TM Data

LONG En<sup>1,2</sup>, CHENG Wein<sup>1</sup>, ZHOU Chenghu<sup>1</sup>, YAO Yonghui<sup>1</sup>, LU Haijiang<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> State Key Laboratory of Resources and Environmental Information System, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing, 100101, China; <sup>2</sup> Graduate School of Chinese Academy of the Sciences, Beijing, 100039, China)

**Abstract** Basic landform types are the most fundamental geomorphological units that only inferior to Plain and Mountain. Which controls the distribution and change of other ecological and environmental factors to some extent and play the important role for extraction of more detailed landform information in the whole geomorphological system. In this article, based on the project of "Digital Geomorphology of 1: 1,000,000 in China", a method was designed for the extraction of basic landform types from the 90 m Srtm-DEM and TM imagery and which was demonstrated for the Changbai Mountains of Jilin Province. The results shows that the various models from Srtm-DEM are effective for the extraction of basic landform types. Primary plain and mountain information can be automatically extracted from slope models. Basic geomorphology types sketch map can be obtained from height and relief models by overlaying in ArcGIS. Then, the more precise basic landform types boundary lines were obtained and improved based above obtained Plain and Mountain boundary and experts knowledge from TM imageries which taking in to account the relationship between landform and geology, vegetation, landuse and soil. Therefore, the method of automatic /semi-automatic extraction of geomorphology information based on Srtm-DEM and TM imagery was primary realized. By contrasting to 1: 500,000 old landform maps, the overall kappa coefficients of accurate assessment was more than 80%. The result shows that the method is effective and which can improve the work efficiency and reduce the labor intensity of the researchers. The storage form of results not only realize digitalization and quantization of landform information, but also which can be updated.

**Key words** Srtm-DEM /TM imagery, basic landform types, automatic extraction, experts modification, Changbai Mountains