

基于 ASTER GDEM 数据喀斯特区域地貌类型划分与分析

马士彬¹, 安裕伦²

(1. 贵州省六盘水师范学院生物与地理科学系, 贵州 六盘水 553004; 2. 贵州师范大学地理与环境科学学院, 贵州 贵阳 550001)

摘要:以 30 m 分辨率 ASTER GDEM 数据为基础, 通过 GIS 空间分析和非监督分类的方法进行地貌基本类型的自动划分。研究表明: ① ASTERGDEM 数据能够满足 1:10 万比例尺下喀斯特区域的地表形态表达; ② 以流域为单位提取地形因子符合地貌发育的基本规律, 提取的地形因子能客观的反应地表真实形态; ③ 采用非监督分类法能够有效的实现 1:10 万比例尺下地貌基本形态的定量化、自动化分类。

关键词:地貌类型; ASTER GDEM; 空间分析; 自动划分

中图分类号: P931/TP75 **文章标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2012)03-0368-06

地貌是地理环境的重要组成要素之一, 对整个自然环境的形成与发展起着决定性的作用。对于地貌基本类型的划分体系与制图方法, 国内外的学者都做了大量研究。但传统的地貌分类与制图主要采用地形图量测结合野外实地勘测的方法^[1,2]。工作量大、更新周期慢, 不能满足当代社会发展和科学研究的需要。DEM(Digital Elevation Model)及数字地形分析概念的提出在很大程度上解决这一问题。与传统地形图相比容易实现地形分析的定量化、自动化; 容易与其他数字地图或影像进行空间叠加分析^[3]。目前对 DEM 应用普遍局限在地形指标的提取和全国尺度的地貌基本形态类型的划分^[4], 较少进行中、小尺度下的地貌基本类型单元自动划分的研究。本文拟采用 ISODATA 非监督分类法探讨 ASTER GDEM 数据在 1:10 万比例尺下定量化、自动化划分地貌形态类型的应用。

成三个阶梯; 海拔最低点约为 461 m, 最高点约为 2 900 m。研究区内地貌类型以高原山地为主。地貌发育过程中, 受新构造运动影响比较大, 喀斯特地貌分布广泛。研究区内可溶性碳酸盐岩分布面积 19 693 km², 占全地区总面积的 73.3%^[10]。



图1 研究区区域位置

Fig.1 The sketch map of the location of study area

1 研究概述

1.1 研究区概况

研究区地处云、贵、川三省交界之地(图1)。区内面积 26 853 km²。地势从西向东逐渐降低, 形

1.2 数据源分析

ASTER GDEM 全球产品的预生成评估精度为水平数据 30 m, 垂直数据 20 m, 可靠性 95%, 空间分辨率为 30 m。以此数据为基本信息源(图2)参照 ETM 影像进行精确校正(Albers Conical Equal

收稿日期: 2010-11-10; 修订日期: 2011-01-18

基金项目: 贵州省科技攻关项目[黔科合 GY 字(2008)3022]、国家重点基础研究发展 973 计划项目(2006CB403200)、贵州省教育厅自然科学项目(黔教科 2010098)资助。

作者简介: 马士彬(1982-), 男, 黑龙江齐齐哈尔人, 讲师, 研究方向为环境遥感与信息系统。E-mail: msb88.com@163.com

通讯作者: 安裕伦, 教授, 硕士生导师。E-mail: anyulun@126.com

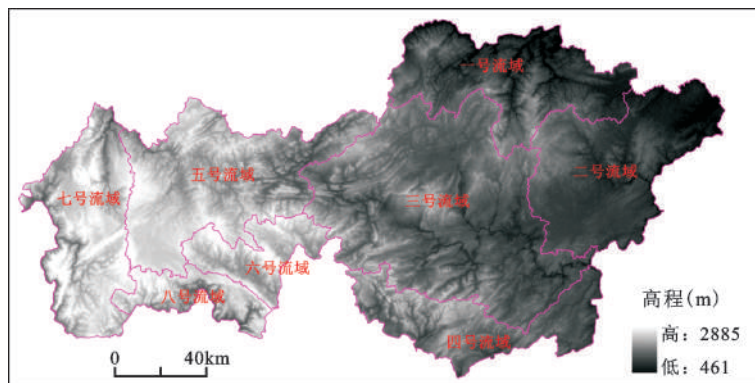


图2 研究区 ASTER GDEM 数据和流域划分

Fig.2 The ASTER GDEM data and watershed division of study area

Area/Krasovsky)、边界修正、值域规范化等预处理。

2 地貌类型提取的原理与方法

2.1 地貌类型提取的原理

根据地貌发育的稳定性理论:即在一种地貌区内,流域单元作为自然地理单元组成整个区域地貌的基本单元,确定按照流域单元分割研究区域,以各个流域单元作为分析单位进行地形因子的提取并划分地貌形态类型^[11]。

研究区分属于长江流域乌江、赤水河、牛栏江—横江水系和珠江流域北盘江水系。1:150万贵州省农业地貌区划将贵州省划分为乌江、赤水河、北盘江等水系流域,根据本研究确定1:10万地貌划分尺度,为确保精度同时减少数据冗余度在原有1:150万地貌图流域划分基础上进行次一级子流域划分,并进行1~8号排序^[12,13](图2)。

2.2 地形因子的选取

地貌形态类型能否客观、准确的划分关键在于参与分类的地形因子的客观准确度。本研究的目的是在大比例尺下喀斯特区域地貌形态类型的自动划分,因此选取地形起伏度、地表切割度、高程变异系数、地表粗糙度、平均高程5个宏观因子和坡度、坡向、坡度变率、坡向变率、平面曲率、剖面曲率6个微观因子作为地貌形态类型划分判别指标。

2.3 最佳统计单元分析

宏观因子的提取均采用 GIS 邻域分析法,分析窗口大小同地貌图的比例尺有密切关系。根据徐汉明等人的研究,若以图上距离 0.5 cm 为最小精度要求,则 2 km² 适用于在比例尺大于 1:25 万的地形图上操作,6、16、20 和 22 km² 分别适于在比例尺大于 1:55 万、1:90 万、1:100 万、1:105 万的地图

上操作^[17,18]。对于典型喀斯特地貌区,相关学者也对地学研究中分析窗口大小进行了探讨,李阳兵等在对石漠化综合评价网格分析单元大小的研究中认为,分析网格大小应与研究区内地物景观斑块的平均面积有关^[19]。结合上述两种理论,首先确定分析窗口为 2 km²,然后以 2 km² 为起点,以 0.25 km² 为单位逐渐扩大和缩小分析窗口进行实验,比对各尺寸分析窗口提取地形因子平均斑块的面积与窗口间的吻合度。最终确定各流域分析窗口大小(DEM 栅格分辨率为 30 m)(表1)。

表1 各流域最佳分析窗口大小

Table 1 The best analysis window size of each basin

流域号	最佳分析窗口大小 (栅格数)	DEM 标准差
1	50×50	277.99
2	40×40	223.77
3	40×40	208.61
4	46×46	238.59
5	46×46	241.91
6	40×40	208.72
7	46×46	241.29
8	50×50	260.8

2.4 地貌基本类型划分

本研究以《贵州省农业地貌区划》为依据,确定地貌形态类型的划分体系。结合主客观分类法,确定以相对高度为主要因素绝对高度为客观因素,将研究区内的地貌形态划分为4大类10小类。这样即符合人类的认知习惯和生产需要,也符合地貌发育的客观规律^[20](表2)。

地貌类型划分采用遥感非监督分类方法,将各判别因子作为单波段组合成多波段图像参与非监督分类,组合前对各地形因子间的相关性进行

表2 地貌基本形态类型分类

Table 2 The classification system of geomorphological type

地貌分类	次级地貌分类	分类指标		注 释
		相对高度(m)	绝对高度(m)	
盆(坝)地	低盆(坝)地	<30	0~900	盆底坡度<5°
	中盆(坝)地		900~1900	
	高盆(坝)地		>1900	
丘陵	低 丘	30~200	>900	
	中 丘		900~1900	
	高 丘		>1900	
低山	-	>200	0~900	
中山	低中山	>200	900~1400	
	中中山		1400~1900	
	高中山		>1900	

判别(表3),去除相关性较大的地形因子,以减小数据的冗余度^[22]。通过表3可知,地形起伏度与地表切割深度和高程变异系数之间高度相关,坡度与地表粗糙度高度相关。由于地表粗糙度可由坡度求算,即 $R=1/\cos(Slope)$,所以在研究中可以舍弃地表粗糙度。

根据上述分析通过雪氏熵值法选取地形起伏度与高程、坡度、全累计曲率、坡度变率、DEM晕渲图6个指标(图3)参与地貌形态类型划分,分类结果见图4。

3 分类结果及其精度分析

3.1 精度评价结果

以“贵州省地貌类型图”为参考标准通过分层采样法得到的误差矩阵(表4),从表4可 看出,在随机

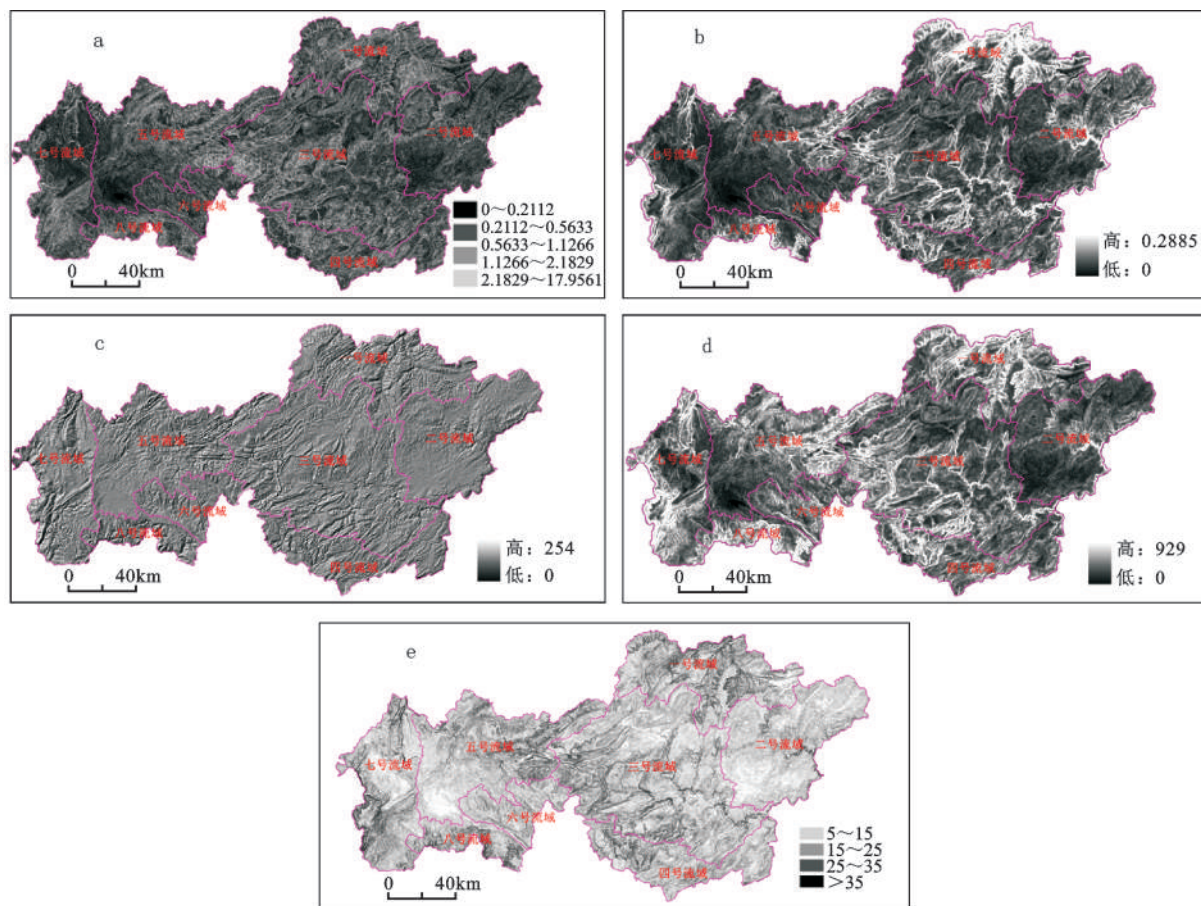
产生的340个样点中,正确分类样本数为255个,总体分类精度达到75%。吻合度为70.1%。

从表5看出,划分出的各地貌形态类型中,中盆(坝)地和高盆(坝)地的分类用户精度分别为54.17%和65.22%,错分误差分别为45.83%和34.78%。盆(坝)地与丘陵易于混淆,在分类图像上随机选取的31个高(坝)盆地样本中有6个是相对于参考图像上的高丘,中(坝)盆地的33个样本中有13个是相对于参考图像上的中丘,这种结果的主要原因是盆(坝)地复杂的地形特征导致。在贵州喀斯特山区以山地和丘陵地貌为主,盆(坝)地 在山间呈狭小且零散状分布,在中比例尺下计算机很难将盆地的形态特征完整识别。所以在采用非监督分类法进行地貌类型自动划分时,必须采用人机交互方式进行盆(坝)地识别的二次修

表3 各地形因子间相关系数

Table 3 Correlation between the various landform ingredients

	高程	坡度	全累计变率	坡度变率	DEM晕渲图	地形起伏度	地表切割深度	地表粗糙度	高程变异系数
高程	1.000								
坡度	-0.136	1.000							
全累计变率	0.207	0.088	1.000						
坡度变率	-0.203	0.247	-0.012	1.000					
DEM晕渲图	0.048	0.005	-0.013	-0.108	1.000				
地形起伏度	-0.385	0.476	0.011	0.180	-0.110	1.000			
地表切割深度	-0.202	0.329	0.019	0.244	-0.079	0.901	1.000		
地表粗糙度	-0.273	0.931	0.057	0.490	-0.194	0.417	0.296	1.000	
高程变异系数	-0.557	0.374	-0.001	0.311	-0.124	0.885	0.640	0.320	1.000



a.全累计曲率; b.高程变异系数; c.地貌晕渲; d.地形起伏度; e.坡度

图3 DEM 提取的研究区地形因子

Fig.3 The topographic factors derived from ASTER GDEM of the study area

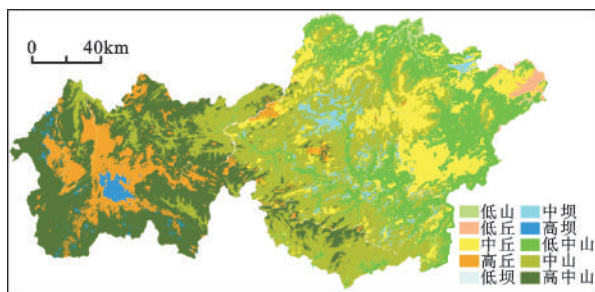


图4 研究区地貌分类

Fig.4 The morphometric classification map of the study area

正。采用非监督分类方法进行地貌形态类型划分时,对山地和丘陵的划分较为准确。通过表5可以看出,山地地貌形态类型的制图精度都在80%以上。

3.2 分析与讨论

分类结果与参考地物之间存在误差,除分类方法本身的原因外,还存在其他干扰因素。所以在精度评价时,必须明确一些误差并不仅仅是由

分类错误引起的,还须考虑以下因素^[17]:DEM数据精度、几何校正误差、数字化误差、数据录入错误、目视判读及野外实地调查产生的误差等。

对于DEM精度产生的误差我们应用srtm-DEM经重采样缩小栅格到30 m并采用同种方法提取的地貌类型数据进行比较分析。通过表5可以看出,在同样栅格大小基础上,ASTER GDEM地貌划分的总体精度较高,而且每一类地貌类型较srtm-DEM数据相比,使用ASTER GDEM划分时精度都有一定的提高,尤其对盆(坝)地划分精度提高幅度较大。表明ASTER GDEM数据精度高于srtm-DEM数据,包含的地形信息细节更加丰富,完全满足1:10万比例尺下进行地形因子及地貌类型提取的要求。DEM分辨率大小不能直接表达DEM所包含的信息多少,制作DEM的实测数据比例尺与DEM分辨率相匹配是保证DEM高精度的必要条件。

表4 误差矩阵

Table 4 Error matrix of classification signature								
	中盆(坝)地	高盆(坝)地	中丘	高丘	低中山	中山	高中山	总和
中盆(坝)地	16	0	13	0	4	0	0	33
高盆(坝)地	0	25	0	6	0	0	0	31
中丘	3	0	28	0	6	6	0	43
高丘	4	6	0	24	2	1	5	42
低中山	1	0	0	0	41	3	2	47
中山	3	1	3	2	2	73	3	87
高中山	0	1	1	0	2	5	48	57
总精度=75%								

表5 精度评价(%)

Table 5 Precision evaluation of the classification result								
	制图精度		漏分误差		用户精度		错分误差	
	ASTERGDEM	srtm-DEM	ASTERGDEM	srtm-DEM	ASTERGDEM	srtm-DEM	ASTERGDEM	srtm-DEM
中盆(坝)地	39.39	37.5	60.61	62.5	54.17	30	45.83	70
高盆(坝)地	48.39	80	51.61	20	65.22	40	34.78	60
中丘	65.12	65.12	34.88	34.88	59.57	70	40.43	30
高丘	57.14	45.24	42.86	54.76	61.54	82.61	38.46	17.39
低中山	87.23	82.98	12.77	17.02	71.93	76.47	28.07	30.77
中山	83.91	80.46	16.09	19.54	80.22	76.92	19.78	23.08
高中山	84.21	78.95	15.79	21.05	82.76	70.31	17.24	29.69

注:表中srtm-DEM提取地貌类型数据精度参数来自作者硕士毕业论文。

应用同种方法不同数据源进行地貌提取,总体精度没有大幅度改变且都在80%以下表明地貌分类的方法对划分精度具有很大的影响。非监督分类是计算机自动识别的模糊聚类分类法,可以完成地物的自动化识别但分类精度不高,一般需采用人机交互工作方式加以弥补。所以在应用DEM进行地形因子及地貌类型划分时,除DEM精度制约提取数据的准确度外分类方法也起到决定性作用。

4 结 论

- 1) ASTER GDEM数字高程数据可完成1:10万比例尺下对区域地貌基本类型单元的划分,对相关地学研究具有重要价值。
- 2) 通过流域划分,以流域为基本单元确定提取地形因子的分析窗口,符合地貌发育的基本规律,能够更加准确反应地表真实形态。DEM提取的各宏观、微观地形因子不仅能够表达中国1:100万的地貌形态的基本特征^[3],同时也能很好的表达中小尺度(1:10万)地貌形态的基本特征。实验中选用宏观因子与微观因子相结合,克服单一宏观因子对微地貌的忽略,进一步完善地貌形态的判

- 读依据。
- 3) 通过实验得出,遥感非监督分类的方法适合中尺度地貌形态基本单元的划分,划分精度达到70%以上,有待进一步提高。
- 4) 通过对比分析得出,在地貌类型划分应用中ASTER GDEM数据能够准确、详尽的描述地形信息;DEM精度由其实测数据的比例尺、DEM分辨率以及二者的匹配度决定,单一改变DEM分辨率无法提高其精度。
- 5) 基本形态只是地貌分类的开始,最终完成地貌分类必须考虑成因因素。所以该方法有待进一步深入研究,在提高基本形态划分的精度的同时考虑成因因素,最终实现向下完成地貌形态成因分类,向上完成地貌类型区划分的一整套地貌类型划分方法体系。

参考文献:

[1] 苏时雨,李钜章.地貌制图[M].北京:测绘出版社,1999.

[2] P A Burrough, P F M van Gaans, R A Mac Millan. High resolution landform classification using fuzzy k-means[J].Fuzzy Sets and Systems, 2000, (113):37-52.

[3] 刘爱利,汤国安.中国地貌基本形态DEM的自动划分研究

- [J].地球信息科学,2006,8(4):8~14.
- [4] R A Mac Millan, R Keith Jones, David H. Mc Nabb. Defining a hierarchy of spatial entities for environmental analysis and modeling using digital elevation models[J]. DEM Computers, Environment and Urban Systems, 2004, (28): 175-200.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 龙恩, 程维明, 周成虎, 等. 基于 Srtm-DEM 与遥感的长白山基本地貌类型提取方法[J]. 山地学报, 2007, 25(5): 557~565.
- [8] 肖飞, 张百平, 凌峰, 等. 基于 DEM 的地貌实体单元自动提取方法[J]. 地理研究, 2008, 27(2): 459~466.
- [9] 赵洪壮, 李有利, 杨景春, 等. 基于 DEM 数据的北天山地貌形态分析[J]. 地理科学, 2009, 29(3): 445~449.
- [10] 贵州省农业区划办编. 贵州省农业地貌区划[M]. 贵阳: 贵州人民出版社, 1989.
- [11] 周启明, 刘学军. 数字地形分析[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 29~200.
- [12] 俞雷, 刘洪斌, 武伟. 基于 DEM 的重庆三峡库区水系提取试验研究[J]. 地理科学, 2006, 26(5): 616~621.
- [13] 周德民, 程进强, 熊立华. 基于 DEM 的洪泛平原湿地数字水系提取研究[J]. 地理科学, 2008, 28(6): 776~781.
- [14] 汤国安, 刘学军, 闫国年. 数字高程模型及地学分析的原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 207~231.
- [15] 陶旻, 汤国安, 王春, 等. DEM 地形信息量计算的不确定性研究[J]. 地理科学, 2010, 30(2): 398~402.
- [16] 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.
- [17] 徐汉明, 刘振东. 中国地势起伏度最佳统计单元的求证[J]. 湖北大学学报(自然科学版), 1990, 12(3): 266~271.
- [18] 徐汉明, 刘振东. 中国地势起伏度研究[J]. 测绘科学, 1991, 20(4): 311~319.
- [19] 李阳兵, 王世杰, 程安云, 等. 基于网格单元的喀斯特石漠化评价研究[J]. 地理科学, 2010, 30(1): 98~102.
- [20] 高玄戡. 地貌基本形态的主成分分类法[J]. 山地学报, 2004, 33(3): 261~266.
- [21] 周毅, 汤国安, 王春. 基于高分辨率 DEM 的黄土地貌正负地形自动分割技术研究[J]. 地理科学, 2010, 30(3): 261~266.
- [22] 徐建华. 现代地理学中的数学方法(第二版)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [23] 方红亮, 黄绚. 地学应用中的遥感图像处理若干问题的分析[J]. 地理研究, 1997, 16(2): 96~104.
- [24] 党安荣, 王晓栋, 陈晓峰, 等. ERDAS IMAGINE 遥感图像处理的方法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2003.
- [25] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2003.

Auto-classification of Landform in Karst Region Based on ASTER GDEM

MA Shi-bin¹, AN Yu-lun²

(1. Department of Biology and Geography, Liupanshui Normal University, Liupanshui, Guizhou 553004, China; 2. School of Geography and Environment, Guizhou Normal University, Guiyang, Guizhou 550001, China)

Abstract: Geomorphology is one of the most important parts which constitute the elements of physical geography. Based on the GDEM of 1:100000 ASTER, the optimum analysis window was verified and topographic factors were extracted in the unit of drainage area. With GIS spatial analysis and unsupervised classification, the general geomorphologic types in Karst Region were auto-classified. The study results indicate: (1) DEM at the scale of 1:100000 can fill the requirements to express the configuration of earth surface on meso-scale. (2) It confirms the basic regulation to select the analysis window and extract topographic factors taking the drainage area as a unit. Topographic factors extracted can reflect the actual configuration of earth surface more impersonally. (3) Multi-spectral image is combined with topographic factors. With the method of ISO-DATA unsupervised classification, it can implement the quantification of the general geomorphologic types and automatic classification effectively on meso-scale. The precision of the data extracted can meet the demands of computer automatic classification. These experimental results improve the application of ISODATA unsupervised classification in the automatic classification of geomorphology.

Key words: geomorphic type; ASTER GDEM; spatial analysis; auto-classification