

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2018.02.018

基于 DEM 的成都市基本地貌形态研究

任德智^{1,2}, 肖前刚^{1,2}, 王勇军^{1,2}, 廖兴勇^{1,2}, 赵波², 王帆²

(1. 成都市农林科学院林业研究所, 四川 成都 611130; 2. 成都市兴绿林业科技发展有限公司, 四川 成都 611130)

摘要:以成都市 30 m×30 m 分辨率的 ASTERGDEM V2 版 DEM 为数据源, 基于 ARCGIS10.2 构建邻域分析法的地形起伏度批量提取模型, 提取不同大小矩形邻域窗口的地形起伏度, 运用均值变点分析法确定最佳计算单元, 在此基础上, 将最佳计算单元的地形起伏度与海拔分级图进行空间联合, 得到成都市的基本地貌形态类型图。结果表明: 成都市地形起伏度提取的最佳计算单元为 14×14 网格大小 (176 400 m²), 中起伏度及以下地形占 98.54%。全市基本地貌形态类型有 20 种, 其中主要类型 5 种, 面积占 96.52%。从空间分布格局来看, 西北部的龙门山脉地形起伏变化多样, 集中分布了 13 种类型; 低海拔丘陵类型主要集中在龙泉山脉及龙门山脉与成都平原接合部区域, 在中部及东部呈零星分布。低海拔平原和低海拔台地两种主要类型主要分布在龙泉山脉与龙门山脉之间及龙泉山脉的西南部。

关键词:DEM; 地貌形态; 地形起伏度

中图分类号: P931

文献标识码: A

文章编号: 1003-5508(2018)02-0079-06

Research on the Basic Geomorphology Form of Chengdu Based on DEM

REN De-zhi^{1,2} XIAO Qian-gang^{1,2} WANG Yong-jun^{1,2} LIAO Xing-yong^{1,2}
ZHAO Bo² WANG Fan²

(1. Chengdu Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Chengdu 611130, China;

2. Chengdu Xinglü Forestry Science and Technology Development Co., Ltd, Chengdu 611130, China)

Abstract: Based on ASTERGDEM V2 version of the 30 m×30 m resolution DEM data of Chengdu, the model was established for the terrain undulating volume extraction by neighborhood analysis in ARCGIS10.2. The terrain undulating degrees of the rectangle neighborhood windows of different sizes were extracted in the city, and the best calculation unit was determined by means of mean variable point analysis. On this basis, the map of terrain undulation was gotten by spatially combining the best calculation unit with the elevation classification map directly extracted by arcgis10.2 in order to get the basic landform map of Chengdu. The results showed: that the optimum calculation unit of terrain undulation in Chengdu was 14×14 mesh size (176 400 m²). The terrain was mainly undulating and below, with an area of 98.54%. There were 20 types of basic geomorphologic forms in the city, of which 5 were the main types, with an area of 96.52%. According to the spatial distribution pattern, in northwest of Chengdu. The Longmen mountains displayed variety of terrain fluctuations, and there were 13 types of undulating and varied terrains. The low-altitude hilly types were mainly concentrated in the Longquan mountains and the joint region between the Longmen mountains and Chengdu Plain, with a sporadic distribution in the mid-

收稿日期: 2017-12-24

基金项目: 成都市科技计划项目: 成都市森林碳储量及碳汇增长潜力研究 (2017-Y2500W-17)。

作者简介: 任德智 (1977-), 男, 四川绵阳人, 副教授, 硕士, 主要从事 GIS 和森林经理学研究。E-mail: rdz177@sohu.com

dle and east of Chengdu. The two main types of low-altitude plain and low-altitude platform were mainly distributed between the Longquan mountains and in the southwestern part of the Longquan mountains.

Key words: DEM, Geomorphology, Relief amplitude

近年来,基于地理空间位置为基础的空间定量化管理正在国土、农林、水、城市规划等越来越多领域的资源管理利用中得到广泛应用,也正在成为我国大数据平台下多归合一、精细化管理基础。传统管理中空间位置重叠、位置与属性信息不对应,图上与实地信息难以准确对应等问题将得到有效解决。因此,获取具有空间地理信息的各类基础数据就成为当前大数据平台建设的重要基础工作。

地貌作为地球表层系统中的一个基本要素,是地貌学等最基本的研究对象。通过直接或间接作用控制和影响着其他生态与环境因子的分布与变化,从而直接地影响人类活动^[1~2]。我国已形成了相应的地貌形态分类体系和分类方法^[2~3],并广泛应用于土壤侵蚀、水土流失、等各种研究和实践^[1,3~4]。李炳元等^[1]学者研究指出,中国陆地基本地貌类型按照起伏高度形态类型和海拔高度分级两个指标组合来划分的原则,是符合起伏复杂、多台阶的中国地貌基本特点,为具有中国特色的分类原则。

地形起伏度是指在某一个确定面积内最大高程与最小高程之差,是定量描述一个区域地貌形态特征、划分地貌类型,反映地面的起伏状况和切割程度的宏观性指标^[3~5]。近年来,利用DEM快速提取地形起伏度并结合高程进行地貌形态划分、研究已经成为一种重要手段,基于DEM数据提取的基本地貌形态数据正是具有空间地理信息的基础数字信息,可与基于空间地理位置的国土、林地一张图等叠加,实现空间位置基本地貌及属性对应。蒋好忱等人^[5]对国内外6种地形起伏度提取方法研究结果表明,局地高差法是一种相对较好的提取起伏度的方法,也是目前比较流行且相对较简单的算法。

因此,研究利用局地高差法提取成都市地形起伏度、结合均值变点分析法确定成都市地形起伏度的最佳计算单元,并与高程进行空间联合提取成都市的基本地貌形态,分析其类型特征及空间分布格局,研究结果可为成都市国土、生态、农林、水等相关研究、管理应用提供定量化的科学数据。

1 研究区概况

成都市位于四川省中部,成都平原东部,四川盆

地西部的岷江中游地段,介于东经 $102^{\circ}54' \sim 104^{\circ}53'$ 和北纬 $30^{\circ}05' \sim 31^{\circ}26'$ 之间,全市东西长192 km,南北宽约166 km,总面积14 334 km²。东北与德阳市、东南与资阳市毗邻,南面与眉山市相连,西南与雅安市、西北与阿坝藏族羌族自治州接壤。

成都市地势总体呈西北高,东南低,由西北向东南倾斜,全市地势差异显著,境内海拔387 m~5 364 m,平均海拔约500 m,最低处金堂县云台乡仅海拔387 m,最高处位于大邑县西岭镇的苗基岭,海拔高度为5 364 m。西部以深丘和山地为主,海拔大多在1 000 m~3 000 m之间,东部属于四川盆地盆底平原,是成都平原的腹地地带,主要由第四系冲积平原、台地和部分低山丘陵组成,土层深厚,土质肥沃,开发历史悠久,垦殖指数高,地势平坦,海拔一般在500 m上下。成都按地貌类型可分为平原、丘陵和山地,平原面积比重大,达4 971.4 km²,占全市土地总面积的40.1%,远远高于全国占12%和四川省占2.54%的水平;丘陵面积占27.6%,山地面积占32.3%。土地垦殖指数高,可利用面积的比重可达94.2%,全市平均土地垦殖指数达38.22%,其中平原地区高达60%以上,远远高于全国10.4%和四川省11.5%的水平。

成都属于亚热带湿润季风气候区^[6],春早,四季分明,多云雾,无霜期较长,全年无霜期大于337 d;冬春干旱少雨,夏秋多雨、雨量充沛,年平均降水量873 mm~1 265 mm,主要集中在7月~8月;热量丰富,年平均气温在15.2℃~16.6℃左右,日照时间短,年均日照时数1 017 h~1 345 h;夏天气温不高(最高温度一般不超过35℃),但闷热;冬天气温平均在5℃以上,极少冰雪,但阴天多,空气潮湿、阴冷。成都土壤类型多样,平原以灰色及灰棕色潮土的平原冲积土为主,低山及丘陵以紫色土为主,山区以山地黄壤、黄棕壤为主体。

2 数据与方法

2.1 数据来源

本文使用ASTER GDEM V2版DEM数据来自地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn>),空间分辨率为30 m×30 m,投影标系为D_WGS_1984坐标

系。

2.2 研究方法

从研究采用窗口分析法提取地形起伏度,在此基础上,应用目前使用较多的均值变点法确定最佳统计单元^[3-5,7-8]。

(1) 邻域分析法:

本研究采用矩形窗口,窗口大小为 $n \times n$ ($n=2, 3, 4 \dots 40, 45, 50, 55, 60, 65$) 像元,地形起伏度提取分为 3 步:

- a. 统计 $n \times n$ ($n=2, 3, 4 \dots 40, 45, 50, 55, 60, 65$) 窗口内像元的最大(max)、最小值(Min)
- b. 计算各窗口最大值(Max)和最小值(Min)的差值;
- c. 统计 $n \times n$ 窗口的平均起伏度值。

本研究基于 ArcGIS10.2 构建批量提取地形起伏度提取模型,如图 1。

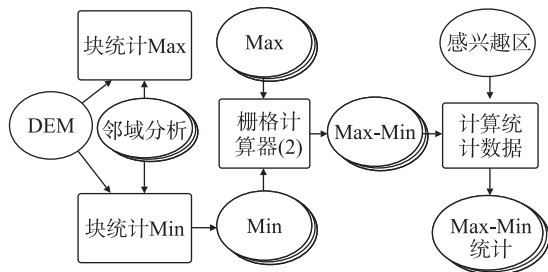


图 1 ArcGIS10.2 基于 DEM 批量提取地形起伏度模型
Fig. 1 ArcGIS10.2 batch extraction of terrain undulation model based on DEM

(2) 均值变点法

变点分析法是一种对非线性数据进行处理的数据统计方法,也是分析地形起伏度的最基础的方法之一^[9]。

a. 单位地势度序列

$$T_i = t_i / s_i \quad (i=2, 3, 4 \dots 40, 45, 50, 55, 60, 65) \quad (1)$$

式中: T_i 为分析窗口下的单位地势度; t_i 分析窗口下的平均起伏度; s_i 为分析窗口的邻域面积(m^2); i 为矩形邻域边的窗口数。

b. 对序列 T 取对数 $\ln(T)$, 得到新序列 X, X 为 $\{x_i, i=2, 3, 4 \dots 40, 45, 50, 55, 60, 65\}$ 。

c. 序列 X 的算术平均值

$$\bar{X} = \sum_{i=1}^N \frac{x_i}{N} \quad (2)$$

d. 序列 X 的统计量 S 和 S_i

运用公式(3)计算得到统计量 S。

$$S = \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \quad (3)$$

令 $i=2, \dots, n$, 对每 i 将样本分为两段: X_1, X_2, \dots, X_{i-1} 和 $X_i, i+1, \dots, n$, 算每段样本的算术平均值及统计量 S_i 。

$$S_i = \sum_{t=1}^{i-1} (X_t - \bar{X}_{i1})^2 + \sum_{t=i}^n (X_t - \bar{X}_{i2})^2 \quad (4)$$

e. S 与 S_i 差值图

利用 EXCEL 软件做 S 与 S_i 差值图, 目视解译得出最佳统计单元。

(3) 叠加分析

将地形起伏度与海拔进行叠加分析, 得到成都市的基本地貌形态图。

3 结果与分析

3.1 邻域面积与地形起伏度关系分析

基于 ARCGIS10.2 模型计算得到不同矩形邻域面积下的平均起伏度值(见表 1)。运用 EXCEL2010 软件建立不同矩形邻域面积和平均起伏度的关系图(如图 2), 并进行对数方程拟合, 决定系数: $R^2 = 0.9305$, 拟合效果较好。

表 1 矩形邻域面积与平均起伏度值的关系

Tab. 1 The relationship between rectangular neighborhood area and average amplitude value

网格大小	邻域面积 ($10^4 m^2$)	平均起伏度值(m)	网格大小	邻域面积 ($10^4 m^2$)	平均起伏度值(m)
2 × 2	0.36	11.45	24 × 24	51.84	144.62
3 × 3	0.81	21.58	25 × 25	56.25	147.85
4 × 4	1.44	30.78	26 × 26	60.84	151.38
5 × 5	2.25	39.30	27 × 27	65.61	156.02
6 × 6	3.24	47.14	28 × 28	70.56	159.27
7 × 7	4.41	54.45	29 × 29	75.69	162.51
8 × 8	5.76	61.38	30 × 30	81.00	167.90
9 × 9	7.29	67.90	31 × 31	86.49	171.82
10 × 10	9.00	74.16	32 × 32	92.16	176.48
11 × 11	10.89	80.05	33 × 33	98.01	178.71
12 × 12	12.96	85.96	34 × 34	104.04	182.13
13 × 13	15.21	91.46	35 × 35	110.25	184.93
14 × 14	17.64	96.63	36 × 36	116.64	189.38
15 × 15	20.25	101.76	37 × 37	123.21	192.70
16 × 16	23.04	107.60	38 × 38	129.96	195.95
17 × 17	26.01	111.87	39 × 39	136.89	200.99
18 × 18	29.16	116.67	40 × 40	144.00	204.55
19 × 19	32.49	121.66	45 × 45	182.25	220.42
20 × 20	36.00	126.05	50 × 50	225.00	236.38
21 × 21	39.69	130.58	55 × 55	272.25	249.29
22 × 22	43.56	134.92	60 × 60	324.00	267.30
23 × 23	47.61	139.30	65 × 65	380.25	277.96

从图 1 中可以看出, 平均地形起伏度与邻域面

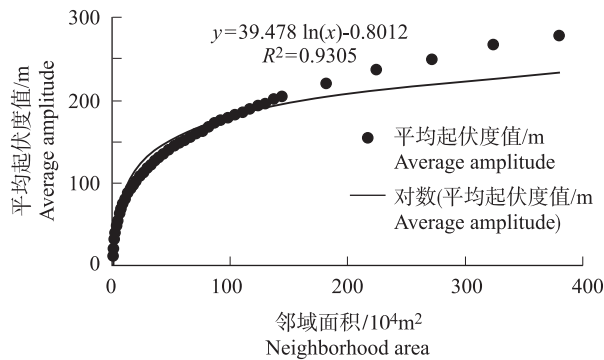


图2 平均起伏度值与邻域面积对应关系拟合曲线

Fig. 2 The fitting curve of the relation between average amplitude value and neighborhood area

积呈正相关,其变幅呈由快到慢、逐步于平稳的变化趋势,曲线由陡变缓处(变点)对应的邻域面积就是最佳计算单元。

3.2 确定最佳计算单元

在 EXCEL2010 统计软件中,基于表 1 数据计算得到 $S - S_i$ 变化曲线(见图 3)。从图中可以看出,在第 13 个点时 $S - S_i$ 差值达到最大,该点即为曲线(图 3)由陡变缓的变点,其对应的领域面积即为最佳统计单元。由此得出,基于 30 m × 30 m 空间分辨率 ASTER GDEM V2 版 DEM 提取成都市地形起伏度的最佳分析窗口为 14 × 14 网格大小,统计面积 176 400 m²。

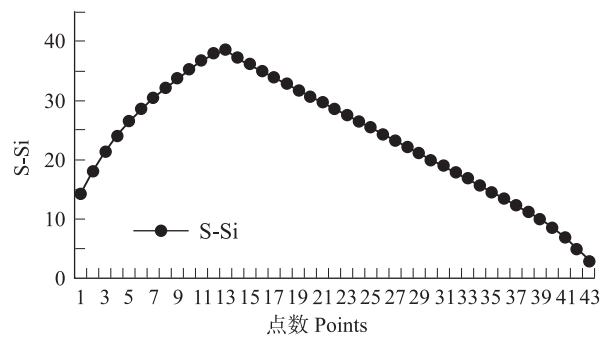


图3 S和S_i差值变化曲线

Fig. 3 The differential value change curve of S and S_i

3.3 成都市地形起伏度特征分析

运用 ARCGIS10.2 软件的重分类,将最佳分析窗口 14 × 14 网格大小提取的成都市地形起伏度,依据中国 1:100 万地貌图制图规范(中国科学院地理科学与资源研究所 2005)^[10] 分为 6 级:平原(≤30 m)、台地(30 m ~ 70 m)、丘陵(70 m ~ 200 m)、小起伏山地(200 m ~ 500 m)、中起伏山地(500

m ~ 1000 m)大起伏山地(1 000 m ~ 2 500 m)和极大起伏山地(>2 500 m),并统计各级面积。从图 4 和图 5 可以看出,全市中起伏及以下 4 种地形占 98.54%,其中微起伏地形(39.98%) > 平坦(27.84%) > 小起伏地形(20.19%) > 中起伏地形(10.54%);大起伏、极大起伏和巨大起伏地形总共为 1.46%。

从空间分布格局来看,中起伏度、大起伏、极大起伏和巨大起伏地形主要集中在西北部的龙门山脉;小起伏度地形主要集中在龙泉山脉及龙门山脉与成都平原接合部。微起伏与和平坦地形主要集中在龙泉山脉两侧及龙门山东南部。

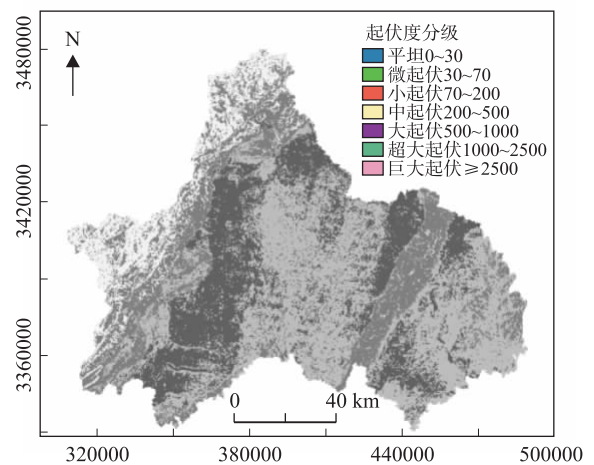


图4 成都市地形起伏度分级图

Fig. 4 Classification map of relief amplitude in Chengdu

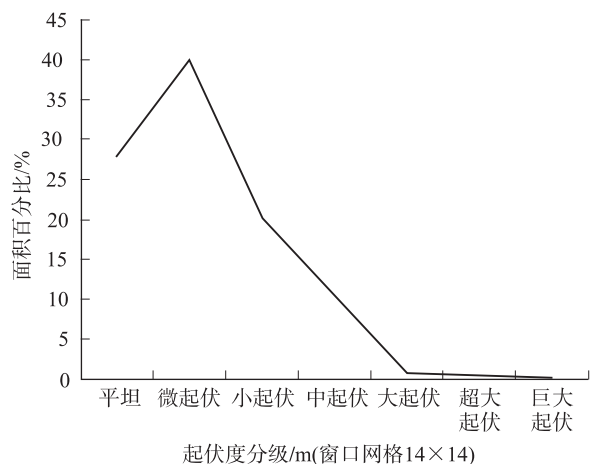


图5 成都市地形起伏度分级统计图

Fig. 5 Statistical map of relief amplitude in Chengdu

3.4 成都市地貌形态类型特征分析

依据中国 1:100 万地貌图制图规范^[2,10],运用 ARCGIS10.2 对海拔分级图层及起伏度分级图层进

行联合得到成都市基本地貌形态类型图(图 6),统计各类基本地貌形态类型面积占比(表 2)。

表 2 成都市基本地貌形态类型统计表

Tab. 2 Statistical table of basic geomorphologic types in Chengdu

起伏度		海拔	低海拔 < 1 000 m		中海拔 1 000 m ~ 3 500 m		高海拔 3 500 m ~ 5 000 m		极高海拔 > 5 000 m	
			类型	面积(%)	类型	面积(%)	类型	面积(%)	类型	面积(%)
平原	平原 0 - 30	低海拔平原	27.83	中海拔平原	<0.01	高海拔平原	-	极高海拔平原	-	
	台地 30 - 70	低海拔台地	39.85	中海拔台地	0.13	高海拔台地	-	极高海拔台地	-	
	丘陵 (70 m ~ 200 m)	低海拔丘陵	14.72	中海拔丘陵	5.35	高海拔丘陵	0.11	极高海拔丘陵	-	
山地	小起伏山地 (200 m ~ 500 m)	小起伏山	0.93	小起伏中山	8.78	小起伏高山	0.82	小起伏极高山	<0.01	
	中起伏山地 (500 m ~ 1 000 m)	中起伏山	<0.01	中起伏中山	0.72	中起伏高山	0.06	中起伏极高山	<0.01	
	大起伏山地 (1 000 m ~ 2 500 m)	-	-	大起伏中山	0.58	大起伏高山	0.05	大起伏极高山	<0.01	
	极大起伏山地 (> 2 50 m)	-	-	-	-	极大起伏高山	0.02	极大起伏极高山	<0.01	

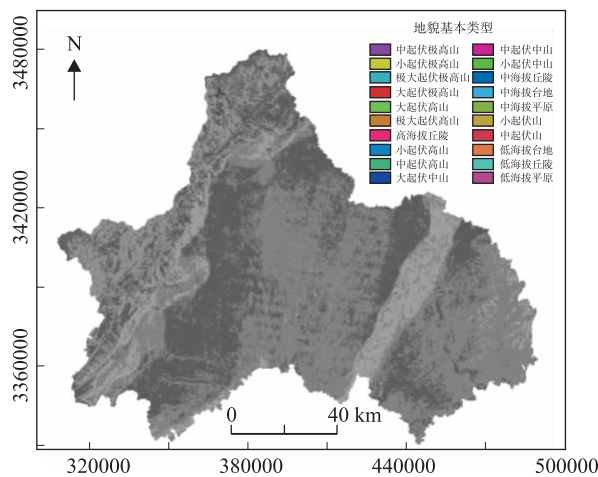


图 6 成都市基本地貌形态类型图

Fig. 6 Basic morphological types of land geomorphology in Chengdu

从表 2 统计结果来看,我国 25 种基本地貌形态类型中成都市有 20 种,其中主要类型有 5 种,占成都市总面积的 96.52%,面积占比依次为低海拔台地 > 低海拔平原 > 低海拔丘陵 > 小起伏中山 > 中海拔丘陵,5 种主要类型中又以低海拔的平原、台地及丘陵为主,这与成都市的实际完全相符。其余 15 种类型包括面积占比均低于 1%,其中,极高海拔区的 4 种类型面积占比全部小于 0.01%。

从空间分布格局来看,高海拔区和极高海拔区的 9 种地貌基本形态类型和中海拔区的中海拔丘陵、小起伏中山、中起伏中山、大起伏中山 4 种类型均主要集中分布在在西北部的龙门山脉;低海拔丘陵类型主要集中在龙泉山脉及龙门山脉与成都平原接合部区域,在中部及东部呈零星分布。低海拔平原和低海拔台地两种主要类型主要分布在龙泉山脉

与龙门山脉之间及龙泉山脉的西南部。

4 结论

(1)成都市地形起伏度提取的最佳计算单元为 14 × 14 网格大小 (176 400 m²),全市中起伏及以下 4 种地形占绝对优势,占 98.54%,其中微起伏地形 (39.98%) > 平坦 (27.84%) > 小起伏地形 (20.19%) > 中起伏地形 (10.54%)。中起伏度、大起伏、极大起伏和巨大起伏地形主要集中在西北部的龙门山脉;小起伏度地形主要集中在龙泉山脉及龙门山脉与成都平原接合部。微起伏与和平坦地形主要集中在龙泉山脉两侧及龙门山东南部。

(2)成都市基本地貌形态类型有 20 种,其中主要类型有 5 种,面积占 96.52%。从空间分布格局来看,西北部的龙门山脉主要集中分布了 13 种类型,且以山地地形为主,由于受山地地形影响,人口密度相对较低,道路交通条件相对较差,但森林资源丰富,为成都市森林主要分布区域之一,成为全市重要的生态屏障,因此,发展规划上以“绿水青山就是金山银山”为基本理念,以生态保护为前提,依托和发挥森林资源优势大力发展生态旅游、休闲娱乐等双或多赢产业。低海拔丘陵类型主要集中在龙泉山脉及龙门山脉与成都平原接合部区域,在中部及东部呈零星分布,山丘之间的河谷平原和盆地是重要农耕区及经济林发展区域,森林资源介于山地与平原之间。低海拔平原和低海拔台地两种类型主要分布在龙泉山脉与龙门山脉之间及龙泉山脉的西南部,该地形区域自然条件优越,为成都市的主要人为经济活动区域,工农业发达,基础设施及经济水平相

对较高。

(3)研究采用的是 30 m × 30 m 分辨率 DEM 数据提取地形起伏度及基本地貌形态类型划分,DEM 分辨率变化是否对地形起伏度提取及基本地貌形态类型划分精度是否有影响,以及不同研究尺度(国家、省、市及县级)下 DEM 最佳分辨率的确定,有待今后的进一步研究。

参考文献:

- [1] 李炳元,潘保田,韩嘉福. 中国陆地基本地貌类型及其划分指标探讨[J]. 第四纪研究, 2008, 28(4): 535 ~ 543.
- [2] 周成虎,程维明,钱金凯,等. 中国陆地 1:100 万数字地貌分类体系研究[J]. 地球信息科学学报, 2009, 11(6): 707 ~ 724.
- [3] 徐珍,赵焕,黎武. 基于 DEM 的江西省弋阳县地貌形态研究[J]. 四川林勘设计, 2016, (2): 31 ~ 35.
- [4] 陈学兄,常庆瑞,郭碧云,等. 基于 SRTM DEM 数据的中国地形起伏度分析研究[J]. 应用基础与工程科学学报, 2013, 21(4): 670 ~ 678.
- [5] 蒋好忱,杨勤科. 基于 DEM 的地形起伏度算法的比较研究[J]. 水土保持通报, 2014, 34(6): 162 ~ 166.
- [6] 刘斌涛,宋春风,陶和平. 成都市土壤侵蚀定量评价研究[J]. 长江科学院院报, 2016, 33(9): 40 ~ 47.
- [7] 陈学兄,毕如田,刘正春,等. 基于 ASTER GDEM 数据的山西地形起伏度分析研究[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2016, 36(6): 417 ~ 421.
- [8] 杨晓,黎武,冉红,等. 基于 DEM 数据的祁县地形起伏度分析[J]. 南方农业, 2016, 10(22): 28 ~ 31.
- [9] 陈学兄,张小军,常庆瑞. 陕西省地形起伏度最佳计算单元研究[J]. 水土保持通报, 2016, 36(3): 265 ~ 270, 370.
- [10] 陈学兄. 基于遥感与 GIS 的中国水土流失定量评价[D]. 陕西. 杨凌: 西北农林科技大学, 2013.
- [10] 陈善波,王丽,王莎,等. 四川穗状核桃资源调查与果实品质评价研究[J]. 四川林业科技, 2017, 38(2): 1 ~ 7.
- [11] 陈善波,王莎,金银春,等. 四川穗状核桃优良单株坚果综合性状评价研究[J]. 四川林业科技, 2018, 39(1): 32 ~ 36.
- [12] LYT 1329 - 1999. 核桃丰产与坚果品质[S]. 北京: 国家林业局, 1999.
- [13] 李加纳,唐章林,堪利. 数量遗传学概论[M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 1995.
- [14] 蔡利娟. 不同核桃类群综合性状的比较研究[D]. 四川农业大学, 2014.
- [15] 徐颖,张美勇,高丽,等. 核桃种间杂交研究初报[J]. 落叶果树, 2007, 39(1): 6 ~ 7.
- [16] 赵福洞,赵爽,赵建建,等. ‘绿岭’核桃杂交后代果实性状遗传特性研究[J]. 河北农业大学学报, 2015, 38(1): 53 ~ 59.

(上接第 46 页)

- [3] 韩华柏,何方. 我国核桃育种的回顾和展望[J]. 经济林研究, 2004, 22(3): 45 ~ 50.
- [4] 陈善波,金银春,熊量,等. 美国加州核桃产业化发展与借鉴[J]. 四川林业科技, 2017, 38(5): 109 ~ 114.
- [5] 蒲光兰,肖千文,周兰英. 早实核桃新品种‘川早 1 号’[J]. 园艺学报, 2011, 38(10): 2025 ~ 2026.
- [6] 肖千文,周兰英,胡庭兴,等. 早实核桃新品种‘川早 2 号’[J]. 园艺学报, 2012, 39(11): 2317 ~ 2318.
- [7] 肖千文,蒲光兰,周兰英,等. 早实抗寒核桃新品种‘川早 3 号’[J]. 园艺学报, 2012, 39(12): 2529 ~ 2530.
- [8] 肖千文,肖前刚,周兰英,等. 早熟薄皮核桃新品种‘双早’[J]. 园艺学报, 2013, 40(1): 179 ~ 180.
- [9] 陈善波,黄洋,宋乾丽,等. 不同修剪方法对核桃幼树生长量的影响[J]. 四川林业科技, 2016, 37(3): 88 ~ 91.