

Design and Compilation of Digital Mountain Map in Liuzhou

Xiaoli Hu

Sichuan Province Coalfield Surveying and Mapping Engineering Institute, Chengdu Sichuan
Email: 18328424805@163.com

Received: Apr. 2nd, 2018; accepted: Apr. 12th, 2018; published: Apr. 19th, 2018

Abstract

To study the distribution of mountains in small and medium-sized areas, slope, elevation and undulation are used as index to gradation calculation and modification of quantitative indicators for mountainization by the method of combining digital mountain and remote sensing in Liuzhou City, and with the support of ARCGIS software, it will map Liuzhou City Digital Mountain. The area of the mountainous area in Liuzhou City is approximately 1403.44 km², accounting for 75% of the city's land area. From the result map, we can see that the southeastern coastal area of Liuzhou City is dominated by small and medium-sized rolling hills and hills; in the southern part, the terrain is flat, and most of the elevations do not exceed 240 m. It is a densely populated area of urban population and the north, especially in the northwest. In the area, due to the fact that it is located on the edge of the Yunnan-Guizhou Plateau, it is dense with mountains and high elevations. The degree of undulation and slope is relatively large.

Keywords

Small and Medium-Sized Areas, Digital Mountains, Remote Sensing, Mountain Maps, Liuzhou

柳州市数字山地图的设计与编制

胡孝礼

四川省煤田测绘工程院, 四川 成都
Email: 18328424805@163.com

收稿日期: 2018年4月2日; 录用日期: 2018年4月12日; 发布日期: 2018年4月19日

摘要

为研究中小区域山地分布情况, 利用数字山地与遥感结合的方法, 以坡度、海拔和起伏度为指标, 通过

分级计算和修正,建立柳州市的山地量化界定指标,并在ARCGIS软件支持下绘制柳州市数字山地图。该图对柳州山地空间范围界定与分析做了较为系统的制图表达和统计,得到柳州市山地面积大约为1403.44 km²,占全市陆地面积的75%。从结果图中可看出,柳州市东南沿海地区以中小起伏山地和丘陵为主;南部地区地形平坦,海拔高度大部分不超过240 m,为人口城镇河流的密集地区;而北部,尤其是西北部地区,由于地处云贵高原边缘,山地密集,海拔较高,起伏度和坡度都比较大。

关键词

中小区域, 数字山地, 遥感, 山地图, 柳州

Copyright © 2018 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

全球气候变化、自然灾害以及经济、文化和政治的全球化都在威胁着越来越脆弱的山区所支撑的复杂生命网络。为了解决山地资源的开发与保护、全球化问题、区域可持续发展、环境与文化的衰退、保存与保护战略等严峻问题,推动山地研究的发展,一方面,各国学者建立了国际性山地研究网络,例如,国际山地综合发展中心、国际山地学会等。同时与山地相关的研究也取得不小的成就。另一方面,国际上高度重视全球气候变化对山地的影响,以及山地植被生态适应性和格局变化,也特别关注变化环境下的生物多样性的保护,包括对山地旅游景观资源的管理[1],可以为我国的山地治理提供重要的研究经验。

中国是一个多山地的国家,山地不仅承载着巨大的自然资源供给,生态服务与调节功能,并且,在中国山区分布着庞大的人口数量与聚落,具有特殊、复杂的人地关系,这与世界上其他山地国家是完全不同的。目前我国在山地研究这一领域的研究力度还非常小,一个主要原因就是山地面积太大,科研人员和经费有限,无法投入大量人力、物力和财力,并且相关部门的重视程度也不够高。就目前已有的研究来看,国内关于山地图研究最具代表性的就是南希,李爱农[2]等学者于2015年设计与编制的《竖版1:670万中国数字山地图》,这篇著作首次系统完整的形成了中国数字山地图认知和设计方案,为本研究课题的展开提供了丰富的理论基础。但是目前国内关于山地的研究都主要集中于山地界定的问题,在这一方面的争议也是最多的。钟祥浩,刘淑珍[3]等学者在基于前人山地定义分析基础上,确定了中国山地分类原则和基本思路,提出了符合中国山地实际情况的分类系统;邓伟,熊永兰[4]等学者则是在分析了大量的国外山地研究计划的基础上,为推动中国的山地研究提出了一系列科学的建议。综上可知,国内数字山地的研究主要还是以整个中国为研究区域,而在中小区域山地分布研究上还鲜有研究,因此本文以广西省柳州市为研究区域,利用SRTM-DEM干涉合成孔径雷达产品数据,对柳州市山地分布情况进行研究,并对研究中误差的来源进行分析。

2. 理论基础

山地图主要表达:山地界定、山地分级、山地形态要素、各级山地面积比例、山地形成类型。结合中国山地空间范围定量的界定研究,选用坡度、海拔、起伏度三项指标,通过分级计算和修正,建立本研究课题的山地量化界定指标。通过数据的采集,利用ARCGIS软件对数据进行处理,绘制出柳州市主要的山地地形地貌,分析其形成的一些相关原因。研究流程如图1所示,制作山地图,根据对坡度、植

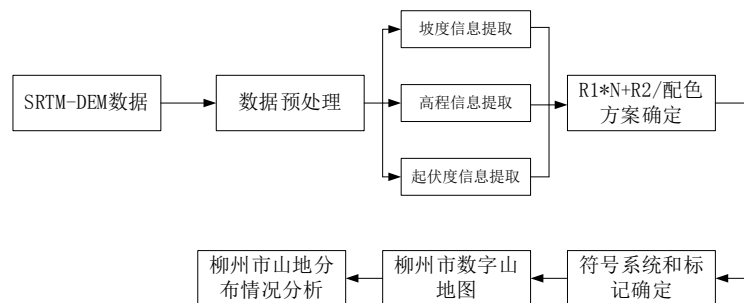


Figure 1. Liuzhou City digital mountain map production flow chart
图 1. 柳州市数字山地图制作流程图

被指数的处理, 分析柳州市山地的一些利用现状, 为合理改善柳州市山地利用率和利用手段提供一个较为科学和全面的依据。

山地分级特征是山地图的主要内容, 山地分级制图就是将山地分为不同海拔、坡度和起伏度的组合类型[2]。但就目前来看, 中国的山地空间范围尚没有一个统一的划定和界限, 各界学者提出了许多不同的研究方向和看法。目前, 国内专家对起伏度的划分大多采用 200 m、500 m、1000 m、2500 m 作为微起伏、小起伏、中起伏、大起伏和极大起伏的分级指标[3]。而在坡度划分方面, 大多采用 7°、15°、25°、35°来分级划分不同坡面[4]。按照这种划分标准, 形成了较为通用的山地划分指标(表 1)。

不同的高程分级指标有各自的地理解释, 山地图从贴合山地特征, 并优先考虑制图效果的角度出发[5], 结合各方的观点, 经过数据的对比分析, 建立适合柳州市的山地制图的基本分级方案。

综合各方面参考资料, 量化提取出柳州市山地的范围、分级海拔以及起伏度。然后围绕已有的图面信息组织、设色、符号选择等问题, 进行实验、优化和编辑, 结合相关的地理地图, 完成柳州市山地综合制图。

3. 研究区概况与数据简介

3.1. 研究区概况

柳州位于广西壮族自治区中北部, 濒临珠江水系西江干流第二大支流——柳江, 是以工业为主、综合发展的区域性中心城市和交通枢纽, 是山水景观独特的国家历史文化名城。地处北纬 23°54'~26°03', 东经 108°32'~110°28'之间。柳州境内以山地和丘陵地貌为主, 其面积占土地总面积 76%。北部位于云贵高原东南缘, 西北部地处九万大山山脉, 海拔在 1000~1200 米之间。东部和东南部为大苗山架岭和大瑶山, 中部和东南部为岩溶残蚀峰林、峰林丛洼地、低山丘陵和河谷平原等地形。柳州市区地形平坦微有起伏。地貌以岩溶残蚀型峰林平原和峰林丛洼地为主, 低山丘陵穿插其中, 低山丘陵面积占陆地面积 58.4%。城南有都乐岩, 为典型喀斯特地貌溶洞[6]。

由于柳州靠近南部沿海区域, 受季风带影响, 年降水量大, 地形从西北向东南倾斜, 具有河流阶地地貌和岩溶地貌叠加的特点, 且柳州境内大部分土地坡度较大, 土壤层较薄, 容易出现水土流失、土地退化和生态环境退化等一系列严峻的问题[7]。柳州山地图的编绘, 对于提高土地资源的可持续利用, 以及环境保护有及其重要的意义。

3.2. 数据简介

DEM 数据是数字山地图定量分析的数据基础, 是由美国太空总署(NASA)和国防部国家测绘局(NIMA)联合绘制得到, 并于 2002 年成功绘制完成, 用于海拔、起伏度以及坡度的计算。柳州市 SRTM-DEM

Table 1. Mountain map rating system
表 1. 山地图分级系统

海拔指标	低海拔 <1000 m	中海拔 1000~2000 m	中高海拔 2000~4000 m	高海拔 4000~5000 m	极高海拔 >5000 m
起伏度指标	微起伏 <200 m	小起伏 200~500 m	中起伏 500~1000 m	大起伏 1000~2000 m	极大起伏 >2500 m
坡度指标	平缓坡 2~7	缓坡 7~15	斜坡 15~25	陡坡 25~35	极陡坡 >35

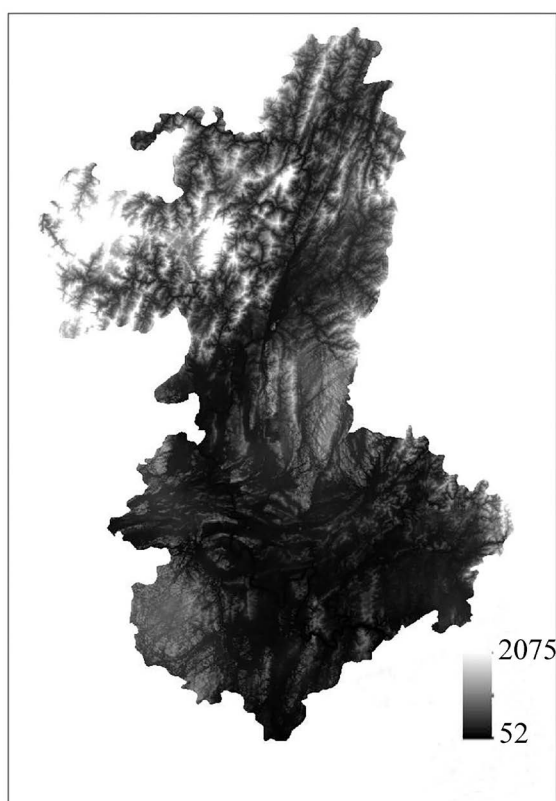


Figure 2. Liuzhou DEM data map
图 2. 柳州市 DEM 数据图

干涉合成孔径雷达产品数据，空间分辨率 3 秒，约合 90 m 栅格大小，平均高程误差较小，符合数字山地图制作的要求；(图像下载渠道：<http://www.gscloud.cn/>)。山地图的地理地图数据为中国 1:400 万行政区划矢量图，柳州地区地表水系(含河流、湖泊、水库等)图层。

4. 数据处理

4.1. 数据预处理

获取到 DEM 数据后，为方便后续的处理和分析，首先要对数据进行数据预处理。其具体流程包括：数据坐标和投影的确立，数据的拼接处理，结合柳州市的矢量边界数据对研究区域进行提取。结果如图 2 所示为柳州市 DEM 数据图。

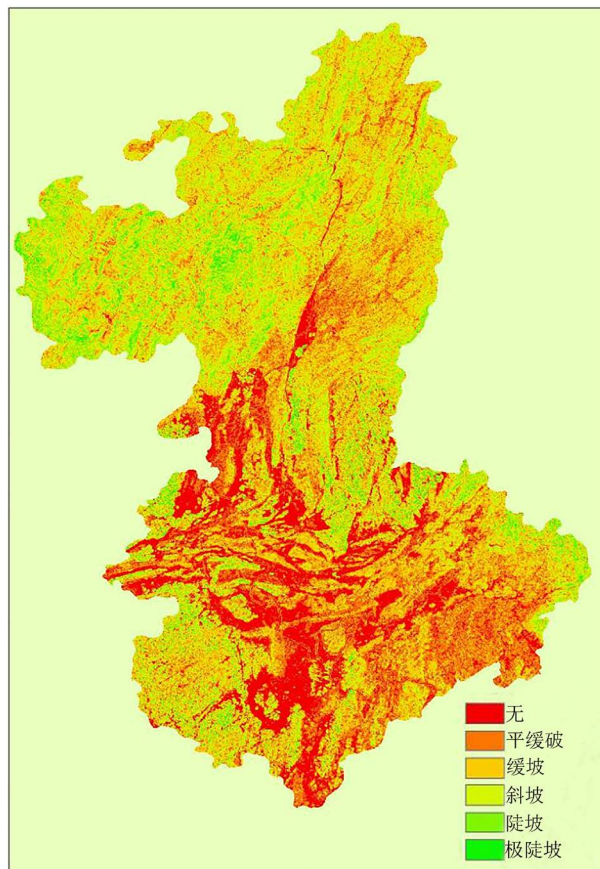


Figure 3. Liuzhou City Slope Information
图 3. 柳州市坡度信息

4.2. 山地图制作

4.2.1. 坡度信息提取、起伏度信息提取与信息统计

坡度是地形描述中的常用参数，是一个具有方向和大小的矢量。在柳州市的 DEM 数据基础上，提取出坡度，按照 7°、15°、25°、35°进行符号设计。选用三阶反距离平方权差分方法进行提取，在 ArcGIS 中计算方法如下公式所示(公式 1、公式 2、公式 3)：

$$\text{slop_degrees} = \text{ATAN}\left(\sqrt{[(dz/dx)^2 + (dz/dy)^2]}\right) * 57.29578 \quad (1)$$

$$[dz/dx] = ((c + 2f + i) - (a + 2b + g)) / (8 * x_cell_size) \quad (2)$$

$$[dz/dy] = ((g + 2h + i) - (a + 2b + c)) / (8 * y_cell_size) \quad (3)$$

进行坡度计算时，表面因子 z 的选择至关重要。当输入的栅格数据是球面坐标系时，这种栅格数据通常采用十进制。当输入表面栅格不在投影坐标系中时，则从山体阴影中得到的输出结果通常与山地实际情况有所出入。原因为水平地面单位与高程 z 单位之间的测量存在差异。由于纬度的变化直接影响甚至决定经度的长度，因此需要根据纬度指定一个适当的 z 因子。柳州市位于北纬 23°~25°，因此选取 0.0000956 为 Z 因子(图 3)。

地形起伏度是描述宏观地形变化状况的地形因子，按照地貌发育的基本理论，一种地貌类型存在一个

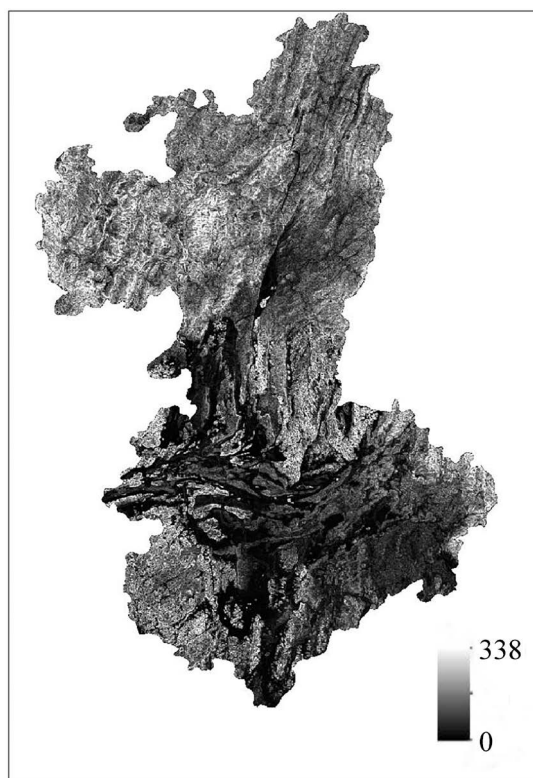


Figure 4. Liuzhou City relief degree of land surface

图 4. 柳州市起伏度信息

使最大高差达到相对稳定的最佳统计窗口，这个最佳统计窗口即为地势起伏度的最佳统计单元，因此可以得出地势起伏度是指在所指定的分析区域内所有栅格中最大高程与最小高程的差值，计算方法如公式 4。

$$R_i = H_{\max} - H_{\min} \quad (4)$$

式中： R_i 为该邻域范围内的高差，单位米； H_{\max} 是邻域内所有像元高程值中的最大值，单位米； H_{\min} 为邻域内所有像元高程值的最小值，单位米。为了提取出地势起伏度采用了窗口分析法，窗口分析法的基本原理是通过栅格数据系统中的一个、多个栅格点或全部数据，开辟一个有固定分析半径的窗口，并在该窗口内进行诸如极值、均值、标准差等一系列统计计算，或者进行差分及与其它层面的信息进行必要的复合分析，从而实现栅格数据有效的在水平方向扩展分析。图 4 为柳州市山地起伏度信息，从图中可知柳州市地势起伏度分布范围在 0~338 m 之间，南部地区河网密集地形起伏较小，这一区域也是人口城镇密集区；起伏度大于 200 m 的地区多分布于北部山区以及东、西部边缘地带，占总面积的 55%。这一结果与已出版的一些山地分布刊物无较大出入，由此可知这种起伏度提取的方法精度相对较高。

为了更加直观的表现柳州地形起伏情况以及海拔情况，统计各海拔高度在柳州占总面积的比重，制作各海拔土体面积占总面积比重直方图(图 5)，方便后面的数据分析。

4.2.2. 山地地图配色方案、符号系统设计与标注附图

色彩系统是专题地图中非常重要的一项组成要素，它决定了山地图的科学性、理解性和艺术性。山地地图的区域设色理论需要结合对山地宏观特征的理解，建立符合实际的设色方案。山地设色原则：1) 用色温反映山地海拔变化情况，低海拔用暖色调，高海拔用冷色调；2) 用饱和度反映起伏度变化情况。起伏度大用高饱和度，起伏度小则选用饱和度低的色调；3) 色调与亮度结合起来在一定程度上表现气候干湿程度，比如，在较为干旱的地区选用视觉上比较晦涩的颜色。表 2 为颜色设计标准。

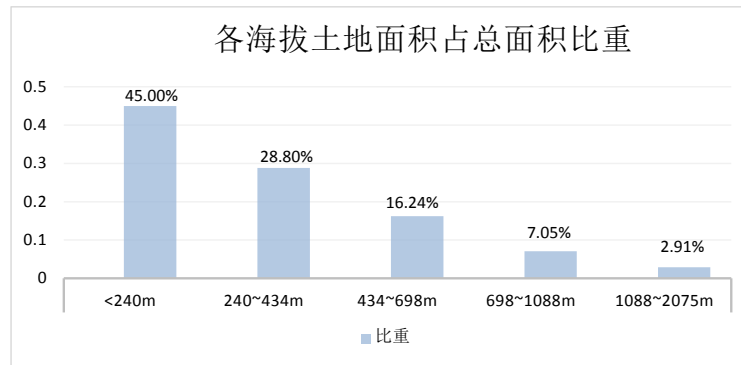


Figure 5. Percentage of land area occupied by each elevation
图 5. 各海拔占土地面积比重

Table 2. Color design standard
表 2. 颜色设计标准

	低海拔 (<240 m)	中海拔 (240~434 m)	中高海拔 (434~698 m)	高海拔 (698~1088 m)	极高海拔 (1088~2075 m)
微起伏(<55 m)	C51M19Y53	C42M7Y48	C32M7Y49	C20M17Y1	C15M20Y2
小起伏(55~105 m)	C26M4Y64	C16M3Y47	C3M20Y57	C38M35Y3	C34M21Y3
中起伏(105~125 m)	C6M27Y57	C15M51Y34	C11M74Y57	C46M41Y4	C40M32Y4
大起伏(125~205 m)	C4M34Y50	C33M83Y66	C54M87Y35	C45M51Y5	C48M49Y5
极大起伏(205~338 m)	C3M8Y32	C24M17Y52	C91M67Y25	C100M90Y30	C90M87Y87K77

为了将不同分量按区间分级设置颜色分量值，将山地起伏度和海拔重分类以后，利用 ArcGIS 中的栅格计算工具，得出所有的颜色分量，公式 $R_1 * N + R_2$ ，式中 R_1, R_2 表示起伏度和海拔重分类以后的图层， N 是分类数，在这里，为了计算方便，将起伏度和海拔都分成了五类。

使用点线符号表达山地要素地貌、分布以及等级，配合图面信息对山地图进行多角度的刻画，使山地图更加简明。山地图的补充附图以及统计图表，不仅可以增加地图的信息量，还可以进行科普使用，使图表更加简单易懂。

标注是显示在地图上的文字信息，它是出图中非常重要的一项元素。标注的样式丰富、位置灵活，可以使地图更加易读易懂。山地图的注记系统包括 4 类，分别是地理地图注记、山地分级图斑注记、地图配置注记以及山地形态符号注记。湖泊、沼泽、河流、沙漠、地貌单元等名称注记都属于地理地图注记。注记字体、颜色和大小参照我国同比例尺全国地图进行设置。山峰名称、山脉名称、雪线高度注记、火山群名称等都归为山地形态符号注记(表 3)，颜色均为黑色、小五号字体、细等线体。

4.2.3. 版面设置




本次课题研究的山地图(图 6)表达以下几方面信息：①柳州市山地界定；②山地形态要素；③各海拔高度占土地面积比例统计直方图；④山地图设色方案；⑤柳州的地理位置(附图：广西壮族自治区地图)；⑥各海拔高度占土地面积比例统计直方图。因此，添加广西壮族自治区的地图，并标注出柳州市的地理位置，添加设色标准以供参考，得到图 7 柳州市数字山地图。

由已绘制的柳州市数字山地图统计结果可知，柳州市山地面积大约 14030.44 km²，占全市总面积的 75%，分属于东南沿海山系，以中小起伏山地和丘陵为主。南部地区地形平坦，海拔高度大部分不超过 240 m，是人口城镇河流的密集地区，多为平原和丘陵，起伏度小，主要分布有宝塔山、雀儿山等海拔不

超过 500 m 的山峰。而北部，尤其是西北部地区，由于地处云贵高原边缘，山地密集，海拔较高，起伏度和坡度都比较大。主要山脉就是九万大山山脉，主要有从白山、白云山、元宝山等，其中，元宝山是广西省的第三高峰，海拔高度 2081 m。

成果误差分析：数据误差由于无法直接获取柳州市的 DE M 数据及产品数据，需要通过对三帧相邻图幅拼接叠置融合以后获得，在利用 ARCGIS 软件进行相关操作时，会存在信息丢失的情况，在一定程度上会影响结果的精度；山地划分标准选取不同，目前国内没有权威科学的关于山地界定和划分的标准以及解释，经过查阅大量相关资料，根据中国山地空间范围界定研究，当某区域的平均海拔 > 2500 m，或当 $500 \text{ m} < \text{平均海拔} < 2500 \text{ m}$ 时，起伏度 $> 100 \text{ m}$ 且平均坡度 $> 25^\circ$ ，或当平均海拔 $< 500 \text{ m}$ 时，起伏度 $> 50 \text{ m}$ ，则该区域可划分为山地。但由于本课题研究区域较小，为了方便制图与成图，做了一些调整。本课题选取了以 200 m、500 m、1000 m、2500 m 为标准的山地划分标准，不可避免的会与其它出版刊物有一些差异。

Table 3. Mountain shape symbol
表 3. 山地形态符号

山系起伏分级	 一级	 二级	 三级
山脊形态类型	 锯脊		
	 浮圆		
其他形态符号	 山峰	 火山	 熔岩方山
	 温泉	 冰川	 5000 雪线高

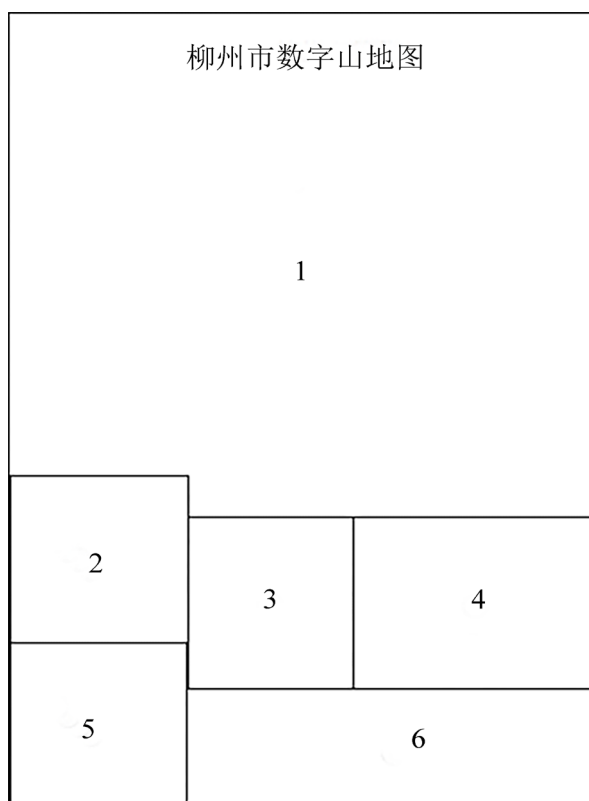


Figure 6. Map layout settings
图 6. 地图版面设置

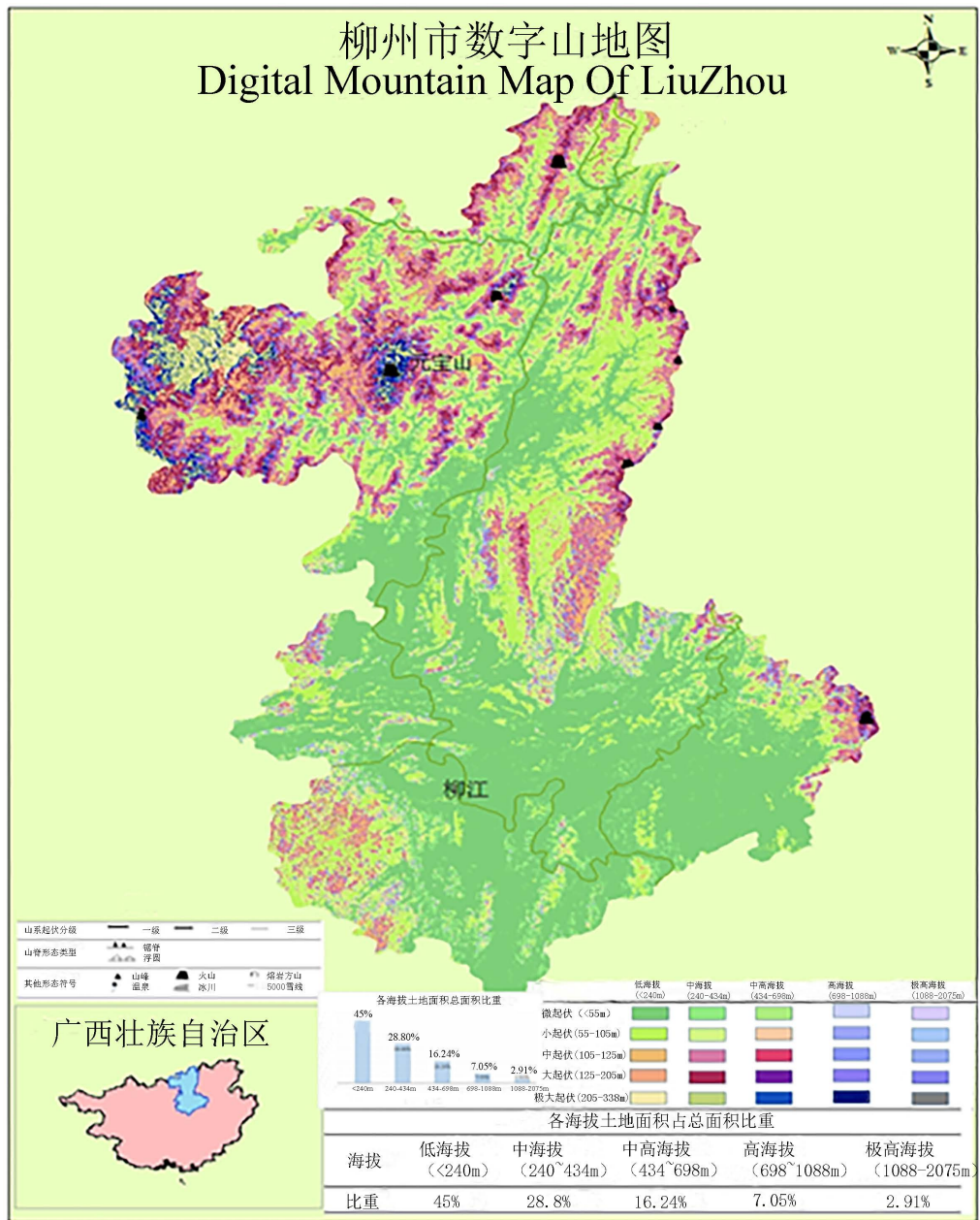


Figure 7. Liuzhou city digital mountain map
图 7. 柳州市数字山地图

研究区域山地形成原因分析：柳州的山地都是非常典型的喀斯特地貌，其主要形成原因就是内力作用将地面抬升形成了山地，又由于柳州市位于东部季风带，降水量大，外力作用中的流水侵蚀作用形成了喀斯特地貌石灰岩溶岩地貌，岩石极易受流水侵蚀，形成峰林或者峰丛地貌。

5. 结论

柳州市数字山地图能完整的表现出柳州市的各级山脉的总体走向以及分布。它作为具有普通山地地图性质的图件，是编制各类山地专题地图的基础。比如，可以与中国气象带、山地灾害分布、国土功能空间等其他地理空间信息相结合，进而深化已有的地学认识，派生出诸如“山地灾害图”、“山地开发

图”等更多的数字山地分析地图，对于合理规划土地利用类型，提高土地资源利用率有重大意义。

虽然在山地界定方面，对于山地的准确定义在学界存在很多不同的意见。《中国的地形》认为山地可以是孤立的，也可以是从聚的；而《地貌学辞典》、《山地地理系统综论》这些著作都强调山地的群体性。由于本课题的研究区域比较小，采用群体性或者孤立性对结果影响都不大。但群体性定义将丘陵、高原都纳入山地范围，最后得出的山地面积可能与已出版的山地统计面积有一定的差异。

当前国际上已经进行了很多与山地相关的科学研究，近年来，随着我国不断提高的国际地位和国际影响力，加强与国际的合作，不断加大对山地研究的投入是大势所趋的，因此柳州市数字山地图的编制与设计也可以看作是一次向科学前沿看齐的尝试。

地貌的分类和制图以反映形态为主，经过数十年的发展，当代的地貌制图，不仅仅要反映地貌形态，还需要结合内外各种因素，例如内外营力指标、物质组成成分异指标等进行编制，这也为我们进行数字山地图的进一步研究指明方向。

参考文献

- [1] 江晓波. 中国山地范围界定的初步意见[J]. 山地学报, 2008, 26(2): 129-136.
- [2] 南希, 李爱农, 陈昱, 邓伟. 竖版中国数字山地图(1:670 万)的设计与编制[J]. 遥感技术与应用, 2016, 31(3): 451-458.
- [3] 钟祥浩, 刘淑珍. 中国山地分类研究[J]. 山地学报, 2014, 32(2): 129-140.
- [4] 邓伟, 熊永兰, 赵纪东, 邱敦莲, 张志强, 文安邦. 国际山地研究计划的启示[J]. 山地学报, 2013, 31(3): 377-384.
- [5] 丁锡祉, 郑远昌. 再论山地学[J]. 山地研究, 1996, 14(2): 83-88.
- [6] 张荣祖. 国际山地综合研究的进展[J]. 山地研究, 1983(1): 48-59.
- [7] 罗锐东. 广西柳州市历史文物建筑保护规划研究[D]: [硕士学位论文]. 合肥: 合肥工业大学, 2013.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2329-549X, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: gst@hanspub.org