

doi: 10.6046/zrzyyg.2022068

引用格式: 胡锋,李雪,左晋,等. 贵州 500 亩以上坝区遥感识别与空间分布特征研究[J]. 自然资源遥感,2023,35(2):287-294. (Hu F, Li X, Zuo J, et al. Remote sensing identification and spatial distribution of dam areas with an area over 33.33 hm² in Guizhou Province, China[J]. Remote Sensing for Natural Resources, 2023, 35(2): 287-294.)

贵州 500 亩以上坝区遥感识别与空间分布特征研究

胡 锋^{1,2}, 李 雪^{1,2}, 左 晋³, 宋善海^{1,2}, 唐红祥^{1,2}, 谷晓平^{1,2}

(1. 贵州省生态气象和卫星遥感中心, 贵阳 550002; 2. 高分辨率对地观测系统贵州数据与应用中心, 贵阳 550002; 3. 贵州省山地环境气候研究所, 贵阳 550002)

摘要: 贵州山多平地少,耕地资源紧缺,坝区成了现代农业高质量发展和农民增收致富的主要载体,开展坝区提取与特征研究可为农业产业结构调整和土地资源的可持续利用提供科学参考。以 2020 年 2 m 分辨率的国产高分卫星影像为主要数据源,借助“3S”技术手段,对 500 亩^①(33.33 hm²) 以上的坝区进行了遥感提取、验证与分析。遥感监测结果表明: 贵州省 500 亩以上坝区大约 1 749 个,土地面积约 337 080.14 hm²,占耕地面积的 9.71%。全省主要以小面积坝区为主,其中等级 2(66.67~133.33 hm²) 和等级 1(33.33~66.67 hm²) 的坝区个数占比较高,占比分别为 36.88% 和 26.13%; 而等级 11(万亩大坝)的坝区面积占比最多(32.05%),且坝区个数与面积之间不成对应比例关系。500 亩坝区主要聚集分布在沿东北—西南一线的中部区域,黔南州、遵义市和安顺市坝区面积位列前三; 坝区海拔主要分布在 1 000~1 500 m 之间,面积占比为 46.68%,丘陵和山地区域坝区分布多,盆地和台地区域分布较少。

关键词: 500 亩坝区; 高分辨率; 信息提取; 空间分布; 贵州

中图法分类号: TP 79 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-034X(2023)02-0287-08

0 引言

山地精准扶贫和山区可持续发展一直是学界关注的焦点^[1]。贵州由于特殊的喀斯特地貌发育特征,土地利用格局深受地形、地貌条件影响^[2],土地资源类型表现为山地和丘陵多、坝地少,可开发和规模利用的耕地资源有限。耕地主要分布在山间盆地、峰丛洼地、河流阶地及河谷地带^[3],通常把这类坡度较小、地势相对平坦的区域俗称为“坝区”或“坝子”。坝区作为人类活动和农业生产生活最为重要的地貌单元载体,具有土表平整、土壤肥沃、承载力 and 利用率较高等优势,经济和社会效益显著,尤其是万亩大坝备受外界关注^[4-6]。2019 年省委省政府决定把全省 500 亩(33.33 hm²) 以上的坝区种植土地(下称“500 亩坝区”)作为农业产业结构调整 and 农业现代化发展的龙头抓手,重点培育特色优势产业,助推脱贫攻坚和乡村振兴^[7]。长期以来,

随着工业化和城镇化的快速发展,建设用地对坝区的侵占现象日益突出,致使非农用地增多,耕地面积减少。坝区土地面临既要保证“吃饭”又要保证“建设”和“生态”的三难局面^[8]。因此,系统分析和揭示贵州 500 亩坝区的数量关系特征和空间分布格局,对全省农业生产布局、产业结构调整及土地资源可持续利用等都具有重要意义。

近年来,关于坝区的研究以中国西南地区较为多见,研究内容主要包括坝区内涵特征与成因研究^[9]、坝区划定与类型划分^[8,10-13]、万亩大坝信息提取与调查研究^[14-16]、云贵两省坝区可用面积估算^[17]、坝区土地利用变化与驱动力分析^[18-20]、大坝子土地利用转型^[21-22]与景观格局演变研究^[23-25]。李阳兵等^[26]从地形地貌角度探究了贵州不同规模等级坝子的空间分布特征,重点分析了坡度在 6°以下平地的空间分布特征;韩德军等^[27]认为土地利用与区域经济之间存在很强的耦合关系,两者互为影响;张满姣^[28]认为贵州坝区农业现代化水平显

收稿日期: 2022-03-03; 修订日期: 2022-08-12

基金项目: 2021 年区域特色应用项目“风云三号 03 批气象卫星工程地面应用系统”(编号: FY-3(03)-AS-12.13)资助。

第一作者: 胡 锋(1990-),男,硕士研究生,主要从事 GIS 与遥感应用研究。Email: hufengdxy@163.com。

通信作者: 谷晓平(1968-),女,正研级高工,主要从事生态遥感与农业气象研究。Email: 16114331@qq.com。

① 1 亩 = 666.67 m²。

著提升,经营管理模式呈多样化态势等特点。

上述成果极大地丰富了坝区基础理论和应用研究,意义重大,但大多研究主要集中在典型、独立的坝区,未系统地对全省范围内集中连片的耕地大坝开展研究。关于 500 亩坝区的数量关系特征和空间分布格局等资料缺乏确切的记录,如坝区分布状况、数量、面积等目前尚无一套完整的数据资料。因此,本文充分利用国产高分辨率的卫星遥感影像,借助遥感与 GIS 定量分析技术,对贵州 500 亩以上同时兼有现代农业功能价值的坝区连片地块进行量化提取剖析和空间表达,旨在探究贵州耕地大坝的数量、规模面积和空间分布格局特征,填补关于 500 亩坝区数据资料的不足,以期能够为山区粮食生产安全、种植结构调整以及土地资源的合理利用与优化配置等提供数据支撑和决策参考。

1 研究区概况及数据源

1.1 研究区概况

贵州地处中国西南部云贵高原的东斜坡地带,境内地势西高东低,自中部向北、东、南三面倾斜,平均海拔 1 100 m 左右,土地总面积 17.62 万 km²(图 1),属亚热带高原湿润季风性气候,降水年际变化较大,易发生春旱和伏旱^[29]。北部大娄山、东北部武陵山、西部乌蒙山和横亘中部的苗岭等 4 大山脉构成了贵州高原的地形骨架。境内地貌类型十分复杂,大致可分为高原、山地、丘陵和盆地 4 种基本类型,其中山地和丘陵占全省总面积的 92.5%^[4]。贵州还是世界上岩溶地貌发育最典型的地区之一,碳酸盐岩广泛分布,据统计喀斯特出露面积占 73.6% 以上^[30](有的资料为 61.9%^[31])。因此,贵州是典

型的喀斯特山地省份,地形起伏大,地块破碎化程度高,耕地总量较少且质量不高,坝区成为了重要的粮食生产基地和政治、经济、文化中心,对人口承载、经济发展和生态建设起着重要作用。

1.2 数据源及预处理

主要包括高分一号(GF-1)、高分二号(GF-2)及高分六号(GF-6)卫星遥感影像数据,其中 GF-1 和 GF-6 空间分辨率为 2 m,GF-2 空间分辨率为 1 m,影像时间主要为 2020 年,局地为 2019 年或 2021 年,数据来源于高分辨率对地观测系统贵州数据与应用中心。卫星载荷指标如表 1 所示。

表 1 卫星数据有效载荷技术指标				
Tab.1 The technical index of satellite data payload				
参数	波段	GF-1	GF-2	GF-6
光谱范围/ μm	1	0.45 ~ 0.90	0.45 ~ 0.90	0.45 ~ 0.90
	2	0.45 ~ 0.52	0.45 ~ 0.52	0.45 ~ 0.52
	3	0.52 ~ 0.59	0.52 ~ 0.59	0.52 ~ 0.60
	4	0.63 ~ 0.69	0.63 ~ 0.69	0.63 ~ 0.69
	5	0.77 ~ 0.89	0.77 ~ 0.89	0.76 ~ 0.90
空间分辨率/m		全色: 2 多光谱: 8	全色: 1 多光谱: 4	全色: 2 多光谱: 8
宽幅/km		60	45	≥ 90
周期/d		4	5	2

同时收集了来源于日本宇宙航空研究所发布的 ALOS12.5 m 分辨率 DEM 地形数据以及来自清华大学宫鹏教授团队在 2017 年发布的 10 m 分辨率全球土地覆盖产品数据,作为研究的辅助数据参考。

主要采用泰坦航空航天数据处理超算系统平台进行数据预处理,内容包括几何纠正、正射校正、波段融合、运算及拉伸,以及色彩平衡、拼接与裁剪等,最终得到研究区域的高分卫星底图数据,以此作为坝区遥感识别提取的主要数据源。

2 研究方法

2.1 500 亩坝区的定义与识别

根据省委办公厅印发的《贵州省 500 亩以上坝区种植土地保护办法》^[7]和省农业农村厅印发的《关于 500 亩以上坝区农业产业结构调整的指导意见》中明确指出:500 亩坝区种植土地是指地形坡度小于 6°且面积大于等于 500 亩的相对集中连片的耕地和园地。因此,本文研究的坝区均指耕地面积大于等于 500 亩且坡度在 6°以下的连片地块。

2.2 技术路线

土地利用/土地覆盖数据是坝区识别提取的重要基础数据。以 2017 年 10 m 分辨率的贵州省土地利用/覆盖产品数据为基础,结合 2020 年的高分卫星影像,解译更新得到 2020 年全省的耕地和园地土

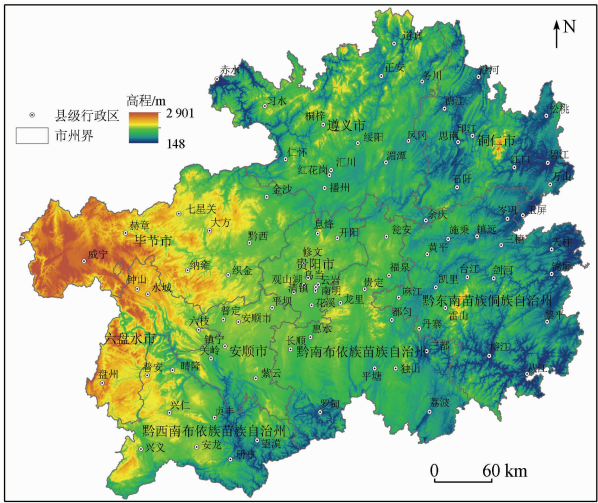


图 1 贵州省地势高程分布图

Fig.1 The topographic elevation distribution map of Guizhou Province

地利用现状数据。将 DEM 数据按照坡度 6° 为界的分级标准,生成坡度等级数据。借助 GIS 软件平台进行坝区遥感提取模型构建,基于该模型可快速完成全省或各市(州)500 亩坝区矢量数据的初提取,然后结合 GF-2 及 Google 高清影像和无人机航拍影像等对坝区边界进行精细化修正。技术路线如图 2 所示。

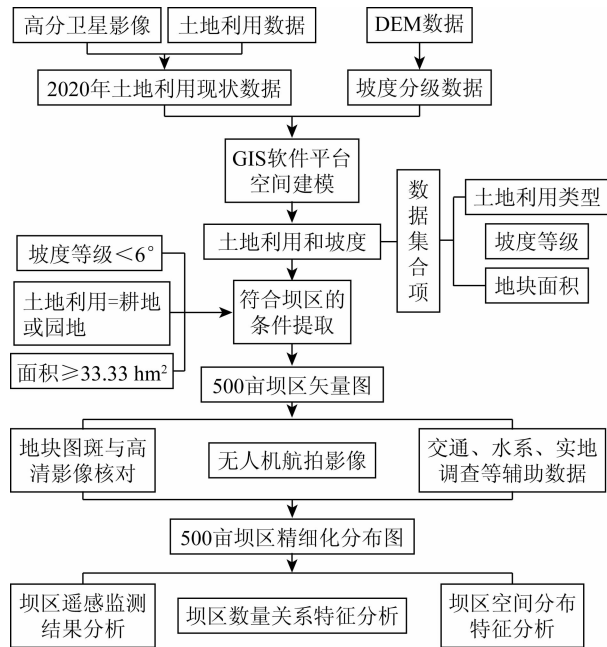


图 2 研究技术路线
Fig.2 Research technical route

2.3 坝区的等级划分

因本研究提取的坝区数量相对较多,面积大小不一,为便于更加清楚地分析 500 亩坝区之间的数量关系特征,揭示不同面积大小坝区的空间分布格局,本文将坝区按照面积属性划分为 11 个等级,划分标准如表 2 所示。

表 2 坝区不同等级划分

Tab.2 The different grades of dam area (hm²)

等级	面积	等级	面积
1	[33.33, 66.67)	7	[400.00, 466.67)
2	[66.67, 133.33)	8	[466.67, 533.33)
3	[133.33, 200.00)	9	[533.33, 600.00)
4	[200.00, 266.67)	10	[600.00, 666.67)
5	[266.67, 333.33)	11	≥666.67
6	[333.33, 400.00)		

3 结果分析

3.1 500 亩坝区遥感监测结果分析

根据卫星遥感监测结果显示(图 3),贵州省 500 亩坝区个数大约 1 749 个,其土地种植面积为 337 078.14 hm² (505.62 万亩),占全省耕地面积(第三次国土调查贵州省耕地面积为 5 208.93 万亩)的 9.71%,相当于平均每个坝区 192.73 hm² (2 890.89 亩)。通过利用 GF-2、无人机和 Google

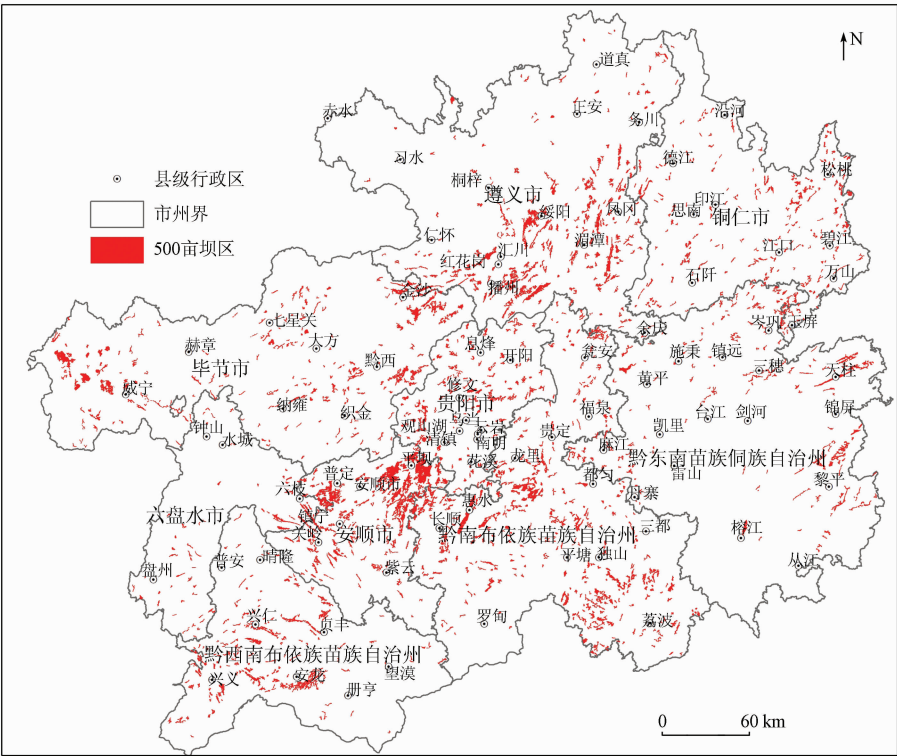


图 3 贵州省 500 亩坝区的空间分布
Fig.3 The spatial distribution of 33.33 hm² dam area in Guizhou Province

高清影像以及实地调查等方式,在惠水、平坝、播州、兴义、麻江、榕江、德江、凤冈、贵定等多县(市、区)实地验证了 265 个坝区,经对比研判,其中有 261 个坝区识别准确,坝区位置遥感识别精度达 98% 以上,并针对地形和人居环境复杂区域的坝区边界进行了修正,数据总体精度较高。由此可见,国产高分卫星影像较传统常用的 Landsat 系列等卫星影像具有高空间分辨率、高时间分辨率等优势,可解译度高,为坝区遥感识别提供了关键数据支撑,是坝区提取较为理想的数据源。

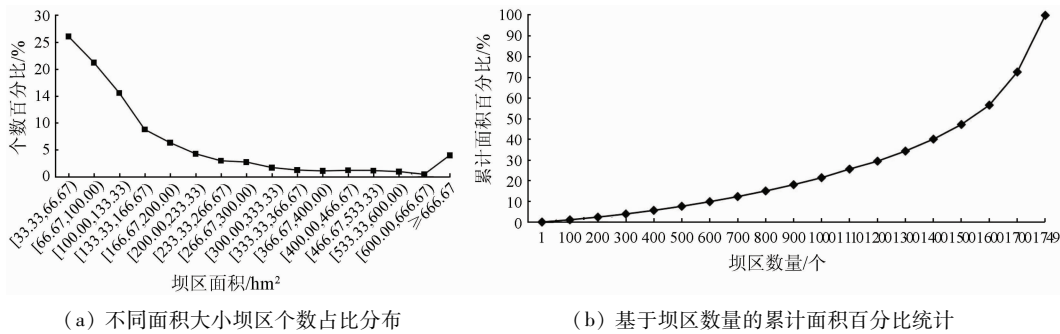


图 4 贵州省 500 亩坝区的数量分布
Fig. 4 The quantity of 33.33 hm² dam area in Guizhou Province

个数占比也仅为 4%。可见,坝区面积在 5 000 亩以下的个数占比达到了 89.88%,尤其以[33.33(500 亩),133.33 hm²(2 000 亩))之间的坝区个数分布最多,其个数占比达到 63.01%。

3.2.2 坝区数量分布与面积特征相互关系

将 500 亩坝区按面积从小到大排列,基于坝区个数统计坝区面积累计比(图 4(b))。结果显示当坝区数量分别达 100 和 1 000 个时,其面积累计百分比也仅为 1.09% 和 21.61%;当坝区数量达 1 700 个时,其面积累计百分比为 72.59%。说明 500 亩坝区大多以小面积坝区为主,面积主要集中在少数相对较大的坝区,这也充分反映了贵州山区耕地资源破碎化、零星分布的特征。

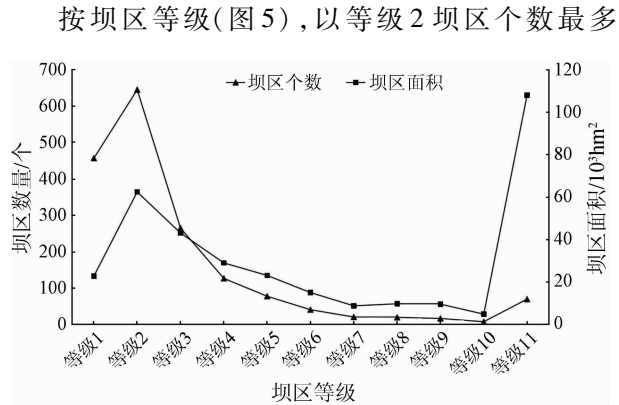


图 5 不同等级坝区个数与面积分布
Fig. 5 Number and area distribution of dam areas of different grades

3.2 500 亩坝区的数量关系特征

3.2.1 坝区数量关系特征分析

图 4(a)反映了不同面积大小的坝区个数占坝区总数的百分比,以[33.33,66.67) hm²的坝区个数占比最高(26.13%),其次是[66.67,100) hm²和[100,133.333) hm²,分别占 21.27% 和 15.61%,其余面积区间的坝区个数百分比均不足 10%;随坝区面积增加,个数占比逐渐降低,当面积增加至 333.33 hm²(5 000 亩)以上时,坝区个数占比均在 1% 左右,备受关注的万亩以上大坝(666.67 hm²)

(645 个),占比为 36.88%,其次是等级 1,3 和 4,坝区个数占比分别为 26.13%,15.15% 和 7.26%;等级 11(万亩大坝)约有 70 个,个数占比仅为 4.00%。从面积上,等级 11 面积最多(10.80 万 hm²),面积占比达 32.05%,其次是等级 2,3 和 4,面积占比分别为 18.53%,12.80% 和 8.62%;其他等级的坝区个数和面积分布相对较少(表 3),且坝区个数与面积占比之间不成线性比例关系,即坝区个数多,其面积不一定多。

表 3 不同等级坝区面积分布
Tab. 3 The area distribution of dam areas of different grades

等级	数量/个	数量百分比/%	面积/hm²	面积百分比/%
等级 1	457	26.13	22 833.61	6.77
等级 2	645	36.88	62 464.87	18.53
等级 3	265	15.15	43 136.89	12.80
等级 4	127	7.26	29 059.45	8.62
等级 5	78	4.46	23 161.59	6.87
等级 6	41	2.34	15 100.79	4.48
等级 7	21	1.20	8 856.43	2.63
等级 8	20	1.14	9 827.61	2.92
等级 9	17	0.97	9 650.11	2.86
等级 10	8	0.46	4 945.62	1.47
等级 11	70	4.00	108 041.17	32.05
合计	1 749	100.00	337 078.14	100.00

3.3 500 亩坝区的空间分布特征

3.3.1 坝区省级空间分布特征

根据卫星遥感监测显示,全省 500 亩坝区总体

呈现南多北少、西多东少的空间分布格局(图 3),主要集中在贵州省中部区域。从坝区分布核密度图(图 6(a))可看出,坝区在遵义凤冈—湄潭交汇处、红花岗—汇川交汇处以及安顺平坝—西秀交汇处分别形成了高密度分布核心区,其次在铜仁万山—岑巩交汇处、黔南惠水—长顺交汇处和独山—荔波交汇处、黔西南兴义—兴仁交汇处也形成次高

密度分布核心区。除中部外,坝区还沿东北—西南一线区域分布。黔东南州由于地形地貌以山地丘陵为主,耕地以梯田分布较为多见,集中连片的坝区分布相对甚少;六盘水北部、遵义西北部和北部边缘由于地形切割强烈,地形起伏大,坝区少且呈零星分布。

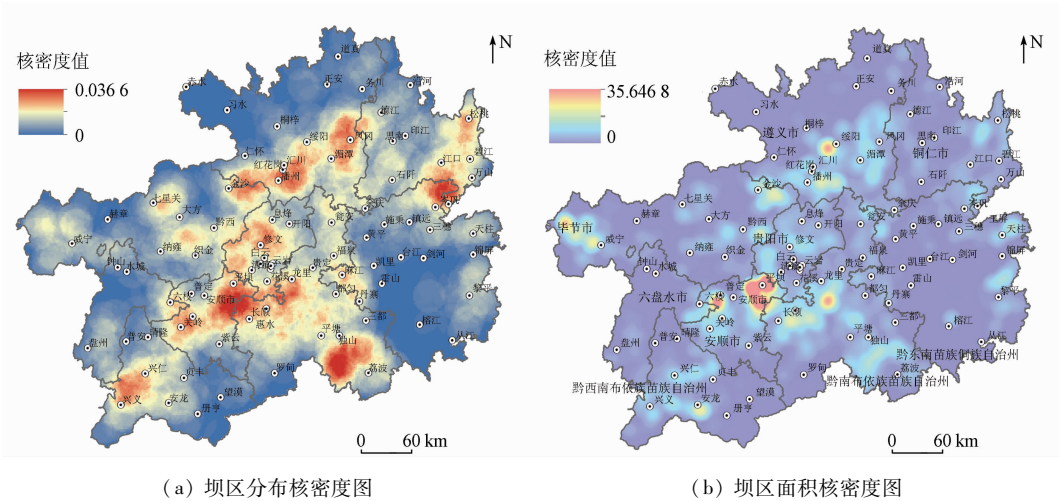


图 6 坝区个数与面积的密度空间分布
Fig.6 Spatial distribution of number and area density of dam area

从坝区面积核密度图(图 6(b))可知,面积较大的坝区主要分布安顺平坝和西秀,其次是黔南惠水、遵义绥阳和播州、黔西南安龙、毕节威宁和金沙等,即安顺著名的高峰大坝、夏云大坝、马场大坝和白云大坝,贵州最大的惠水涟江大坝,绥阳有旺草大坝等,不同高密度区均有不同面积的连片大坝分布。

3.3.2 坝区市级空间分布特征

根据市州的坝区个数、面积统计图(图 7(a))

可知,面积分布位列前三的分别是黔南州、遵义市和安顺市,其占比分别为 19.52%,15.67%和 15.36%;然后依次是毕节市、贵阳市、黔东南州、黔西南州、铜仁市和六盘水市,其中六盘水是所有市州中面积分布最少的,面积占比仅为 2.45%(图 7(b))。

坝区数量分布最多的是黔南州(373 个),然后依次是遵义市(259 个)、毕节市(233 个)、铜仁市(221 个)、黔东南州(182 个)、黔西南州(152 个)、

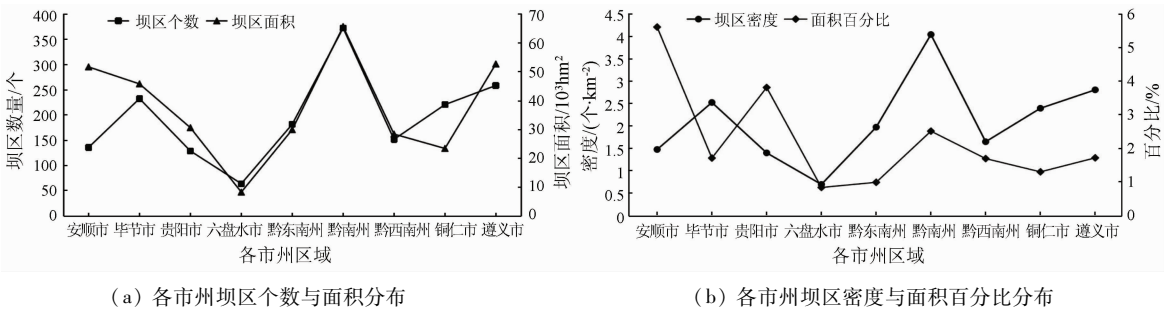


图 7 各市州坝区数量、面积和密度关系
Fig.7 The relationship between quantity, area and density of dam areas in cities

安顺市(136 个)、贵阳市(129 个)、六盘水市(64 个),其中六盘水坝区数量最少,且各市州坝区数量与面积之间也不形成对应的比例关系(图 7(a))。从密度分布(图 7(b))上,黔南州坝区密度最高,其次是遵义市、毕节市、铜仁市、黔东南州等地。因此,各市州坝区差异性分布较大,面积大小不一。

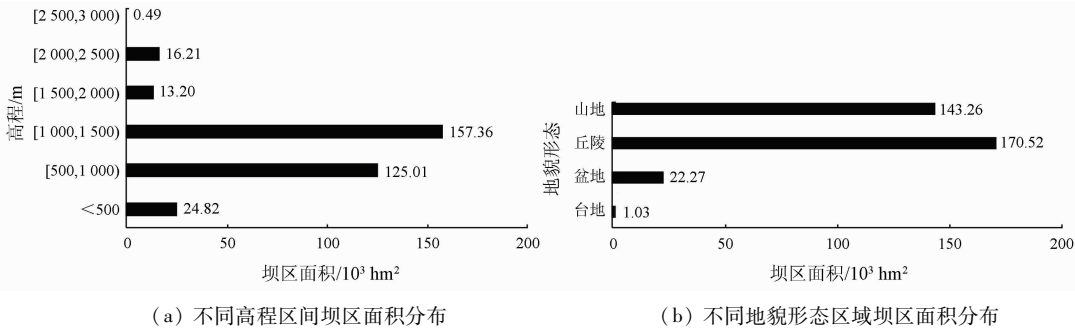
3.3.3 坝区地形地貌特征分析

从高程分布上(图 8(a)),500 亩坝区主要集中在[1 000 ~ 1 500) m 和[500 ~ 1 000) m 之间,两者的面积占比分别达到 46.68%和 37.08%。然后依次是 <500 m,[2 000 ~ 2 500) m 和[1 500 ~ 2 000) m,其面积占比分别为 7.36%,4.81%和

3.92%。海拔在 2 500 m 以上的坝区分布面积较少,面积仅占 0.15%。可见,500 亩坝区主要集中分布在海拔高度为[500~1 500) m 之间的区域。

从地貌形态上(图 8(b)),500 亩坝区主要集中在丘陵和山地地貌形态区域,其中丘陵地貌形态

区面积 170 521.67 hm²,占坝区总面积的 50.63%。其次是山地地貌形态区 143 259.11 hm²,面积占比 42.53%,盆地和台地地貌形态区域仅占 6.61% 和 1.03%,坝区分布相对较少。



(a) 不同高程区间坝区面积分布 (b) 不同地貌形态区域坝区面积分布

图 8 不同高程、地貌形态区域坝区面积分布

Fig. 8 The area distribution of dam area in different elevation and landform

4 结论

本文主要利用国产高分卫星影像,借助遥感信息技术手段,完成了全省 500 亩坝区的遥感识别监测,并对坝区的个数、面积和空间分布特征等进行了探讨研究。

1) 根据卫星遥感监测,贵州省 500 亩坝区大约 1 749 个,土地面积约 337 078.14 hm² (505.62 万亩),占全省耕地面积的 9.71%,相当于平均每个坝区面积为 192.73 hm² (2 890.89 亩)。利用国产高分数据识别的坝区精度达 98% 以上,较传统常用的 Landsat 系列等数据具有高空间、高时间分辨率等优点,可解译度高,是坝区遥感监测较为理想的数据源。

2) 全省以等级 2 坝区的个数占比最高,为 36.88%,其次是等级 1 坝区(26.13%)和等级 3 坝区(15.15%),坝区个数随面积的增加而逐渐减少;坝区大多以小面积的坝区为主,坝地面积主要集中在少数相对较大的坝子,其中万亩以上大坝(等级 11)面积占到了 32.05%;各等级、市州的坝区个数与其面积之间不存在对应的线性比例关系特征。

3) 贵州省 500 亩坝区主要集聚分布在沿东北—西南一线的中部区域,总体呈南多北少、西多东少的空间分布格局。坝区面积位列前三的是黔南州、遵义市和安顺市,个数占比最多的 3 个市州是黔南州、遵义市和毕节市,面积和个数均分布最少的是六盘水。

4) 坝区海拔主要集中在[1 000,1 500) m 和[500,1 000) m,其面积占比分别为 46.68% 和 37.08%,2 500 m 以上基本无坝区分布;丘陵地貌形态区域坝区面积占比达 50.63%,山地地貌形态区域占

42.53%,盆地和台地地貌形态区域坝区分布相对较少。

参考文献(References):

[1] 赵宇鸾,李秀彬,张颖.黔桂喀斯特山地与山区类型划分技术与应用[J].地球信息科学学报,2017,19(7):934-940.
Zhao Y L,Li X B,Zhang Y. Technology and application of mountainous area divisions in Qian-Gui Karst areas[J]. Journal of Geo-information Science,2017,19(7):934-940.

[2] 韩会庆,杨广斌,张凤太.基于地貌特征的贵州省土地利用时空变化分析[J].南京林业大学学报(自然科学版),2015,39(5):99-105.
Han H Q,Yang G B,Zhang F T. Spatio-temporal analysis of land use changes in Guizhou Province based on landform characteristics [J]. Journal of Nanjing Forestry University (Natural Sciences Edition),2015,39(5):99-105.

[3] 李阳兵,姚原温,周志明.贵州万亩大坝土地利用结构类型研究//刘彦随.中国农村土地整治与城乡协调发展研究[M].贵阳:贵州科技出版社,2013.
Li Y B,Yao Y W,Zhou Z M. Study on the land use structure of Guizhou Province's flatlands with ≥10 000 mu//Liu Y S. Rural land consolidation and rural-urban harmonies development in China[M]. Guiyang:Guizhou Science Press,2013.

[4] 《贵州省农业地貌区划》编写组.贵州省农业地貌区划[M].贵阳:贵州人民出版社,1989.
The Compile Group of Agricultural Geomorphologic Regionalization in Guizhou Province. Agricultural geomorphologic regionalization in Guizhou Province[M]. Guiyang:Guizhou People Press,1989.

[5] 寇建民,易志.贵州省万亩耕地大坝调查及成果图集的编制[J].测绘通报,2005,10:48-53.
Kou J M,Yi Z. Survey of 10 000 mu cultivated flatlands of Province Guizhou and atlas compilation[J]. Bulletin of Surveying and Mapping,2005,10:48-53.

[6] 贵州省国土资源厅.贵州省万亩耕地大坝图集[M].长沙:湖南地图出版社,2005.

- Department of Land and Resources of Guizhou Province. Atlas of 10 000 mu cultivated flatland of Guizhou Province[M]. Changsha: Hunan Map Press,2005.
- [7] 贵州省人民政府办公厅. 贵州省 500 亩以上坝区种植土地保护办法[J]. 农技服务,2019,36(2):7.
General Office of Guizhou Provincial People's Government. Measures for the protection of planting land in dam areas of more than 500 mu in Guizhou Province[J]. Agricultural Technology Service, 2019,36(2):7.
- [8] 盛佳利,李阳兵. 贵州省坝子的空间分布及不同地貌区坝子—山地组合类型的探索性划分研究[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版),2018,36(2):15-21,32.
Sheng J L,Li Y B. The basins distribution of space and exploratory divide basin—mountain combination form different landforms in Guizhou Province[J]. Journal of Guizhou Normal University(Natural Sciences),2018,36(2):15-21,32.
- [9] 童绍玉,陈永森,王学良. 云南坝子的成因与特征研究[J]. 云南地理环境研究,2007,19(5):129-133,122.
Tong S Y,Chen Y S,Wang X L. A study on the cause of formation for flatland in Yunnan[J]. Yunnan Geo-Graphic Environment Research,2007,19(5):129-133,122.
- [10] 张述清,王爱华,王宇新,等. 云贵高原地区坝子划定技术与方法研究——以云南省为例[J]. 地矿测绘,2012,28(4):1-4,8.
Zhang S Q,Wang A H,Wang Y X,et al. Study on techniques and methods in demarcation of Bazi in Yunnan—Guizhou Plateau;Taking Yunnan Province as an example[J]. Surveying and Mapping of Geology and Mineral Resources,2012,28(4):1-4,8.
- [11] 童绍玉. 云南山区与坝区农业利用划分方法探析[J]. 贵州农业科学,2011,39(11):89-91.
Tong S Y. Analysis on division methods of mountain area and flatland area in Yunnan[J]. Guizhou Agricultural Sciences,2011,39(11):89-91.
- [12] 杨智谋,赵宇鸾,薛朝浪. 岩溶区山—坝系统土地利用演化及其空间分异特征[J]. 中国农业资源与区划,2020,41(7):153-162.
Yang Z M,Zhao Y L,Xue C L. Land use evolution and spatial differentiation characteristics of mountain—basin system in karst area[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning,2020,41(7):153-162.
- [13] 杨子生,赵乔贵. 基于第二次全国土地调查的云南省坝区县、半山半坝县和山区县的划分[J]. 自然资源学报,2014,29(4):564-574.
Yang Z S,Zhao Q G. Study on dividing flatland county, Semi—mountainous & semiflatland county and mountainous county in Yunnan Province based on the second national land survey[J]. Journal of Natural Resources,2014,29(4):564-574.
- [14] 杨广斌,安裕伦,张雅梅,等. 基于 3S 的贵州省万亩大坝信息提取技术[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版),2003,21(2):93-110.
Yang G B,An Y L,Zhang Y M,et al. The technology of discovering over 10 000 mu basins based on 3S in Guizhou Province[J]. Journal of Guizhou Normal University (Natural Sciences),2003,21(2):93-110.
- [15] 李军英,张亚亚,胡琨波. 基于航空影像的万亩大坝土地现状调查技术方法探讨[J]. 北京测绘,2017(6):68-71.
Li J Y,Zhang Y Y,Hu K B. Discussion on the technical method of the present situation investigation of ten thousand mu dam land based on aerial images[J]. Beijing Surveying and Mapping,2017(6):68-71.
- [16] 叶 玮. GIS 和 DEM 技术在贵州万亩耕地大坝调查中的应用探讨[J]. 测绘通报,2007(1):60-61.
Ye W. Application of GIS and DEM technology in dam survey of ten thousand mu cultivated land in Guizhou[J]. Surveying and Mapping Bulletin,2007(1):60-61.
- [17] 李 倩,刘 毅,许开鹏,等. 基于生态空间约束的云贵地区可利用坝区面积与空间分布[J]. 中国环境科学,2013,33(12):2215-2219.
Li Q,Liu Y,Xu K P,et al. Research of area and distribution of flatland in Yunnan and Guizhou based on ecological spatial constraints[J]. China Environmental Science,2013,33(12):2215-2219.
- [18] 姚原温,李阳兵,金昭贵,等. 贵州省大坝土地利用变化及驱动力分析[J]. 长江流域资源与环境,2014,23(1):67-74.
Yao Y W,Li Y B,Jin Z G,et al. Analysis on land use change and driving forces of dam in Guizhou Province[J]. Resources and environment of Yangtze River Basin,2014,23(1):67-74.
- [19] 杨兴艳,赵宇鸾,李秀彬. 黔桂岩溶山区土地利用变化的社会经济因素分析[J]. 中国岩溶,2019,38(1):88-99.
Yang X Y,Zhao Y L,Li X B. Analysis of land—use changes and Socio—economic factors in Karst mountainous areas of Guizhou and Guangxi[J]. Carsologica Sinica,2019,38(1):88-99.
- [20] 陈文华,甘 淑. 云南山地坝区土地利用变化及其驱动分析——以保山坝子为例[J]. 云南地理环境研究,2009,21(6):34-39.
Chen W H,Gan S. Lucc and its driving forces in mountain basins of Yunnan Province: A case study in Baoshan basin[J]. Yunnan Geographic Environment Research,2009,21(6):34-39.
- [21] 刘亚香,李阳兵. 乡村转型背景下贵州坝子土地利用生产功能的时空演变[J]. 地理研究,2020,39(2):430-446.
Liu Y X,Li Y B. Spatial evolution of land use and production function in Bazi,Guizhou Province under the background of rural transformation[J]. Geographic Research,2020,39(2):430-446.
- [22] 陈 会,李阳兵,唐家发. 贵州坝子现代农业功能分布特征研究[J]. 地球科学进展,2019,34(9):962-973.
Chen H,Li Y B,Tang J F. Distribution characteristics of modern agricultural functions in Bazi,Guizhou[J]. Progress in Earth Sciences,2019,34(9):962-973.
- [23] 李阳兵,姚原温,谢 静,等. 贵州省山地—坝地系统土地利用与景观格局时空演变[J]. 生态学报,2014,34(12):3257-3265.
Li Y B,Yao Y W,Xie J,et al. Spatial—temporal evolution of land use and landscape pattern of the mountain—basin system in Guizhou Province[J]. Acta Ecologica Sinica,2014,34(12):3257-3265.
- [24] 刘亚香,李阳兵,易兴松,等. 贵州典型坝子土地利用强度空间演变及景观格局响应[J]. 应用生态学报,2017,28(11):3691-3702.
Liu Y X,Li Y B,Yi X S,et al. Spatial evolution of land use intensity and landscape pattern response of the typical basins in Guizhou Province,China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2017,28

(11);3691–3702.

[25] 姚原温,李阳兵,龙东妹. 贵州省黄家坝万亩大坝土地覆被及景观格局变化[J]. 贵州农业科学,2015,43(1):179–184.
Yao Y W, Li Y B, Long D M. Land cover change and landscape pattern of Guizhou Huangjia 10 000–Mu basins[J]. Guizhou Agricultural Sciences,2015,43(1):179–184.

[26] 李阳兵,陈 会,罗光杰. 贵州不同规模等级坝子空间分布特征研究[J]. 地理科学,2019,39(11):1830–1840.
Li Y B, Chen H, Luo G J. Spatial distribution of different scale flatland in Guizhou Province, China[J]. Scientia Geographica Sinica, 2019,39(11):1830–1840.

[27] 韩德军,朱道林. 贵州省土地利用与区域经济耦合关系分析[J]. 农业工程学报,2012,28(15):1–8.
Han D J, Zhu D L. Coupling relationship analysis of land use and regional economy in Guizhou Province[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2012,28(15):1–8.

[28] 张满姣. 贵州 500 亩以上坝区产业发展现状分析[J]. 安顺学院学报,2021,23(4):38–41.
Zhang M J. Analysis on the present situation of industrial development in dam area of more than 500 mu in Guizhou[J]. Journal of Anshun University,2021,23(4):38–41.

[29] 王永明,王美霞,吴殿廷,等. 贵州省乡村贫困空间格局与形成机制分析[J]. 地理科学,2017,37(2):217–227.
Wang Y M, Wang M X, Wu D T, et al. Spatial patterns and determinants of rural poverty: A Case of Guizhou Province, China[J]. Scientia Geographica Sinica,2017,37(2):217–227.

[30] 杨明德. 论贵州岩溶水赋存的地貌规律性[J]. 中国岩溶,1982,(2):85–91.
Yang M D. The geomorphological of Karst water occurrences in Guizhou plateau[J]. Carsologica Sinica,1982,(2):81–91.

[31] 李宗发. 贵州喀斯特地貌分区[J]. 贵州地质,2011,28(3):177–181.
Li Z F. Division of Karst landform in Guizhou[J]. Guizhou Geology,2011,28(3):177–181,234.

Remote sensing identification and spatial distribution of dam areas with an area over 33.33 hm² in Guizhou Province, China

HU Feng^{1,2}, LI Xue^{1,2}, ZUO Jin³, SONG Shanhai^{1,2}, TANG Hongxiang^{1,2}, GU Xiaoping^{1,2}

(1. Guizhou Ecological Meteorology and Satellite Remote Sensing Center, Guiyang 550002, China; 2. Guizhou Data and Application Center for High-resolution Earth Observation System, Guiyang 550002, China; 3. Guizhou Institute of Mountainous Climate and Environment, Guiyang 550002, China)

Abstract: Featuring many mountains and few flatlands, Guizhou Province has scarce cultivated land resources. Consequently, dam areas become a main carrier for developing high-quality modern agriculture and increasing farmers' income in Guizhou. The information extraction and characteristic research of dam areas can provide a scientific reference for the adjustment of the agricultural industrial structure and the sustainable utilization of land resources in Guizhou. With the domestic high-resolution satellite images of 2020 with a resolution of 2 m as the main data source, this study extracted, verified, and analyzed the remote sensing images of the dam areas with an area over 500 mu (33.33 hm²) using the global navigation satellite system (GNSS), the geographical information system (GIS), and remote sensing (RS). The remote sensing monitoring results are as follows: ① Guizhou has about 1 749 dam areas with an area of over 33.33 hm² each, covering a total area of about 337 080.14 hm², which account for 9.71% of the cultivated land; ② The dam areas with an area of 33.33~66.67 hm² and 66.67~100 hm² each account for the highest two proportions and account for 46.65% in total; ③ The dam areas mostly have small areas, with 32.05% on a scale of 10 000 mu (666.67 hm²). Moreover, there is not a proportional relationship between the number of dam areas and their area. The dam areas with an area of over 33.33 hm² each are mainly distributed in the central region along the northeastern-southwestern area in Guizhou, with Qiannan Buyi and Miao Autonomous Prefecture, Zunyi City, and Anshun City ranking the top three in terms of area. The dam areas are dominated by those at altitudes of 1 000~1 500 m, which account for 46.68%. In addition, the dam areas are largely distributed in hilly and mountainous areas, with a few of them spreading in basins and platforms.

Keywords: dam area over 33.33 hm²; high resolution; information extraction; spatial distribution; Guizhou (责任编辑: 李 瑜)