

青藏高原“一江两河”地区耕地分布数据集

桑一铭^{1,2}, 卢亚晗^{1,2}, 王学^{1*}, 辛良杰^{1*}

1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 陆地表层格局与模拟重点实验室, 北京 100101;

2. 中国科学院大学, 北京 100049

摘要: 本文基于 2020 年 Google Earth 2-m 的高空间分辨率遥感影像, 通过目视解译构建了青藏高原“一江两河”地区耕地分布数据集 YLN-F2020, 并运用地统计学分析方法揭示了其空间分布格局。结果表明: (1) YLN-F2020 产品耕地总面积为 2,356.15 km², 总体精度 95.2%, 与 GLC2020 和 LandUse2018 产品对比发现目前公开的青藏高原数据产品耕地的空间分布仍存在较大的不确定性, 难以满足研究需求。(2) “一江两河”地区耕地主要沿河流分布, 在空间上呈现东多西少、南多北少的分布特征; 耕地在区域上存在明显聚集性, 主要集中分布在西南密度聚集区和东部密度聚集区, 且存在明显的空间正相关。该数据集可以有效解决青藏高原“一江两河”地区耕地数据分辨率不足或数据缺失的问题, 为合理利用耕地与制定耕地保护政策提供参考。

关键词: 青藏高原; 一江两河; 2 m 分辨率; 耕地空间分布

DOI: <https://doi.org/10.3974/geodp.2022.04.13>

CSTR: <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2022.04.13>

数据可用性声明:

本文关联实体数据集已在《全球变化数据仓储电子杂志(中英文)》出版, 可获取:

<https://doi.org/10.3974/geodb.2022.10.04.V1> 或 <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2022.10.04.V1>.

1 前言

耕地是人类社会赖以生存和发展的基本资源, 是粮食生产的基础, 耕地数量和质量变化影响粮食稳定供给, 进而影响粮食安全^[1]。粮食安全是国家安全的重要基础, 我国始终把守住国家粮食安全底线, 保障粮食生产和重要农产品供给作为首要任务。其中, 高分辨率耕地空间分布信息提取是精准判断耕地数量变化的前提, 可以为耕地可持续利用和粮食安全政策制定提供数据基础。目前市面上已有不少包含耕地在内的全球土地数据集产

收稿日期: 2022-11-08; 修订日期: 2022-12-18; 出版日期: 2022-12-24

基金项目: 中华人民共和国科学技术部(2019QZKK0603)

*通讯作者: 辛良杰, 中国科学院地理科学与资源研究所, xinlj@igsnr.ac.cn; 王学, 中国科学院地理科学与资源研究所, wangxue@igsnr.ac.cn

数据引用方式: [1] 桑一铭, 卢亚晗, 王学等. 青藏高原“一江两河”地区耕地分布数据集[J]. 全球变化数据学报, 2022, 6(4): 619–630. <https://doi.org/10.3974/geodp.2022.04.13>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2022.04.13>.

[2] 桑一铭, 卢亚晗, 王学等. 青藏高原“一江两河”地区耕地分布数据集(2020)[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2022. <https://doi.org/10.3974/geodb.2022.10.04.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2022.10.04.V1>.

品^[2-4]，但现有研究多采用 10-m 空间分辨率的 Spot4、30-m 空间分辨率的 Landset TM 和 250-m 空间分辨率的 MODIS 遥感影像作为数据源进行耕地信息提取^[5]、绘制耕地面积范围^[6]、开发土地覆盖产品^[7]、探究耕地动态变化^[8,9]及其空间分布格局^[10,11]等研究，数据分辨率和精度普遍较低。在山地特别是高原地区，受到自然地理环境的影响，尽管在提取耕地信息前进行了多元数据融合和重采样等数据处理，高原地区的耕地数据精度仍然有待提高^[12,13]，也有学者发布了较高分辨率的青藏高原设施农业空间分布数据^[14]，但总体而言，全球或全国的高、中分辨率数据在高原地区的精度较低。因此，本文以西藏自治区的腹心地区和粮食重要产区——“一江两河”地区为研究对象，通过目视解译高空间分辨率遥感影像，得到高空间分辨率耕地分布数据集并分析其空间分布特征，该数据集为全面了解“一江两河”地区耕地分布和科学把握青藏高原耕地资源利用决策提供参考。

2 数据集元数据简介

《青藏高原“一江两河”地区耕地分布数据集》^[15]的名称、作者、地理区域、数据年代、空间分辨率、数据集组成、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息见表 1。

表 1 《青藏高原“一江两河”地区耕地分布数据集》元数据简表

| 条 目 | 描 述 |
|-----------|--|
| 数据集名称 | 青藏高原“一江两河”地区耕地分布数据集 |
| 数据集短名 | YLN-F2020 |
| 作者信息 | 桑一铭 HHZ-1737-2022，中国科学院地理科学与资源研究所，sangyiming0725@igsnr.ac.cn 卢亚哈 HHZ-2779-2022，中国科学院地理科学与资源研究所，luyh.20b@igsnr.ac.cn 王学 0000-0002-8158-9288，中国科学院地理科学与资源研究所，wangxue@igsnr.ac.cn 辛良杰 CJC-8123-2022，中国科学院地理科学与资源研究所，xinlj@igsnr.ac.cn |
| 地理区域 | 青藏高原“一江两河”地区 |
| 数据年代 | 2020 |
| 空间分辨率 | 2 m |
| 数据格式 | .shp、.tif |
| 数据量 | 568 MB（压缩后 15.5 MB） |
| 数据集组成 | 数据集总共由 30 个数据文件组成，存储在 4 个数据文件夹中，压缩为 1 个压缩包。数据集包括：（1）研究区范围数据；（2）耕地空间分布矢量数据；（3）耕地空间分布栅格数据；（4）耕地验证点 |
| 基金项目 | 中华人民共和国科学技术部（2019QZKK0603） |
| 出版与共享服务平台 | 全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn |
| 地址 | 北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101，中国科学院地理科学与资源研究所 |
| 数据共享政策 | 全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据（中英文）、通过《全球变化数据仓储电子杂志（中英文）》发表的实体数据集和通过《全球变化数据学报（中英文）》发表的数据论文。其共享政策如下：（1）“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放，用户免费浏览、免费下载；（2）最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源；（3）增值服务用户或以任何形式散发和传播（包括通过计算机服务器）“数据”的用户需要与《全球变化数据学报（中英文）》编辑部签署书面协议，获得许可；（4）摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10%引用原则，即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%，同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 ^[16] |

3 数据来源与研究方法

3.1 研究区概况

青藏高原“一江两河”地区（87°00'E-92°35'E，28°20'N-31°20'N）是指包括雅鲁藏布江中游、拉萨河、年楚河流域地区的18个县（区），其行政区划主要包括拉萨市的城关区、达孜区、林周县、墨竹工卡县、堆龙德庆区、曲水县、尼木县，山南市的贡嘎县、扎囊县、琼结县、乃东区、桑日县，日喀则市的桑珠孜区、江孜县、白朗县、拉孜县、南木林县、谢通门县等（图1）。该区域位于青藏高原中南部，是藏南谷地的主体部分，地貌总体上包含山地、丘陵和平原等三种类型，海拔高度在3,200-7,200 m，整体地势呈西高东低、南北高中间低的态势。土地总面积 $6.67\times 10^4\text{ km}^2$ ，其中耕地面积占西藏自治区耕地总面积的60%以上^[17]。该地区水资源丰富，河流众多，适宜多种农作物生长，种植业和畜牧业发达，是西藏自治区的腹心地区和粮食重要产区，享有西藏粮仓的美誉。“一江两河”流域涉及的拉萨市、日喀则市和山南市等市镇经济发展条件优于西藏其他地区，区域内人口稠密、交通便利，使得“一江两河”地区成为西藏的政治、经济、交通与文化中心^[18]。

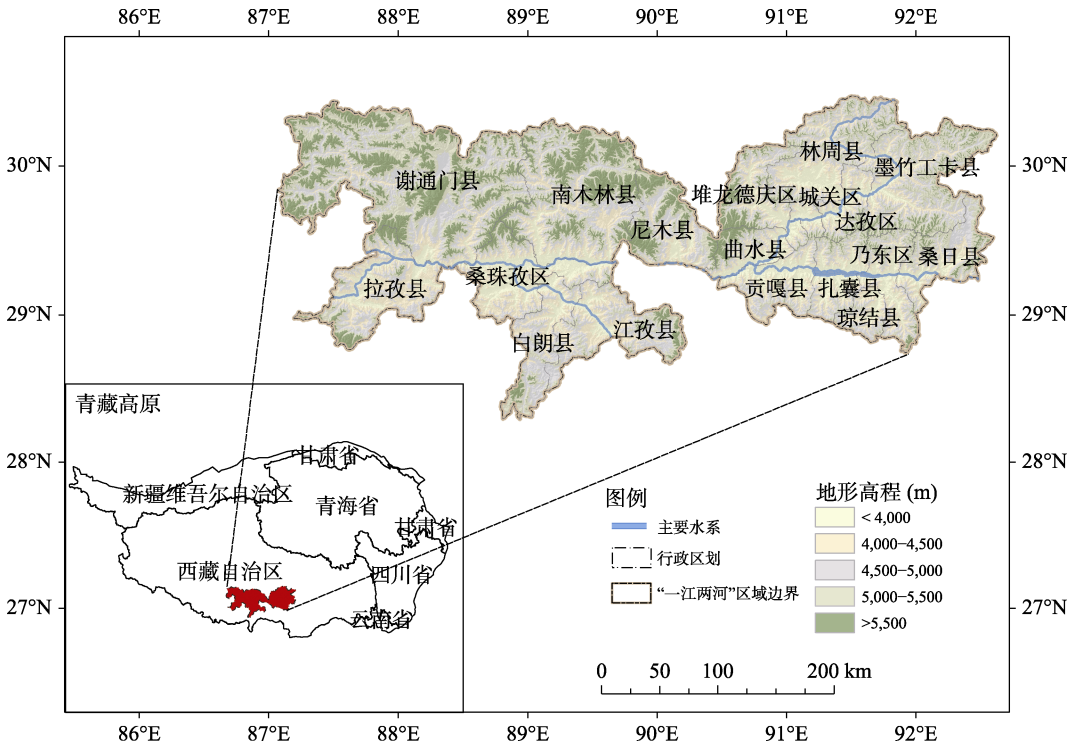


图1 研究区地理位置图

3.2 数据来源

本文选择2020年Google Earth 2m分辨率遥感影像作为主要数据源,Google Earth 含有丰富的高分辨率卫星影像数据,其卫星影像的分辨率最高可达亚米级且应用十分广泛。研究的YLN-F2020高空间分辨率数据采用Mercator投影,影像级别16级,空间分辨率为 $2\text{ m}\times 2\text{ m}$,图像中云量较少,图像清晰,质量较好(图2)。

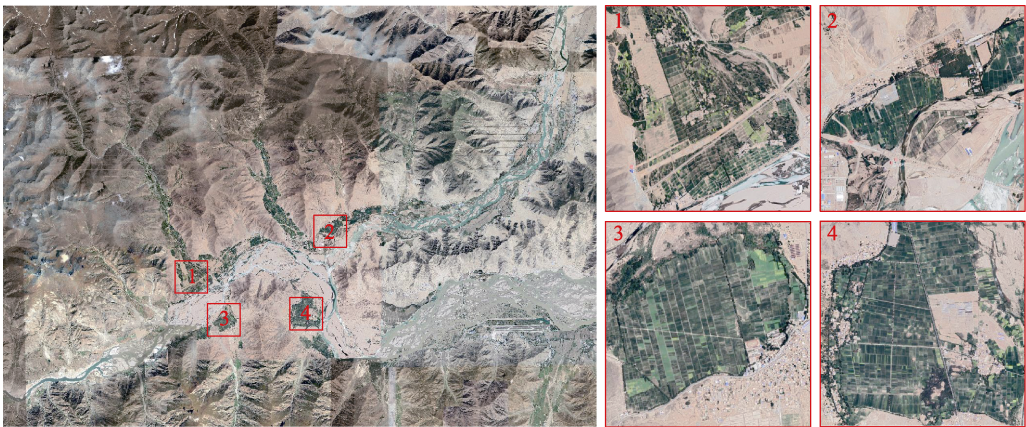


图2 “一江两河”高分辨率遥感影像图

3.3 耕地空间分布信息提取

YLN-F2020 数据由高空间分辨率影像获得，影像上显示的地物外部轮廓十分清晰，为了保证获取耕地分布数据集的精度，本研究以“一江两河”地区行政区划为边界，通过目视解译的方法，结合解译标志和先验知识，根据耕地物候特征，直接在影像上对耕地进行识别和解译，并通过 ArcGIS10.7 软件对耕地进行编辑勾画，从而获得耕地矢量数据.shp 文件，实现耕地空间分布信息的提取。

3.4 耕地空间精度验证

3.4.1 YLN-F2020 数据产品精度评价

为验证数据集的准确性，本文采用野外实地验证的方法评价 YLN-F2020 产品精度。在青藏高原“一江两河”外出考察中，选择不同区域、不同海拔、不同土壤条件的耕地，设置标准样地 351 个，并对样地的经纬度位置等详细信息进行记录，在 ArcGIS10.7 软件中将上述信息矢量化，得到用于验证的样本点数据如图 3 所示。

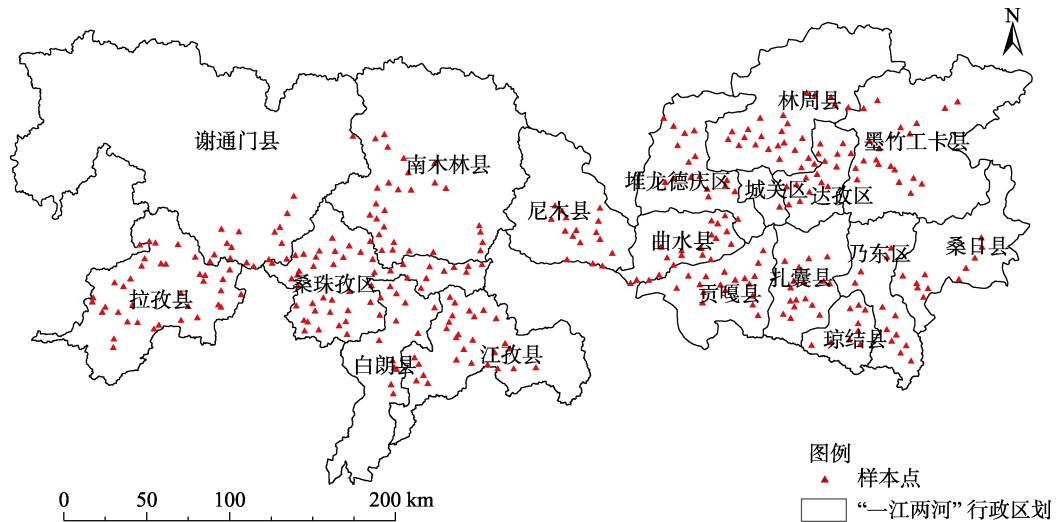


图3 样本点分布图

3.4.2 YLN-F2020 数据产品与其他产品的对比

为了更好地验证提取的耕地分布数据集的准确和必要性,将提取的耕地数据与目前公开的精度较高的 Global Land Cover30 和 LandUse2018 进行对比,并对数据集结果进行精度评价。Global Land Cover30 数据集是由自然资源部牵头绘制的全球 30 m 的地表覆被数据集,其总体分类精度高达 85.72%,且 Kappa 系数高达 0.82,在全球范围内具有良好的分类效果,但是目前在青藏高原上的精度尚未得到有效的验证。

LandUse2018 数据集是由中国科学院地理科学与资源研究所牵头绘制的中国土地利用数据集,其主要采用这种人机交互的模式,在中国广大地区得到了广泛的应用,但是在青藏高原上的应用相对较少。本文为了剔除时间因素的影响,选用 Global Land Cover30 V2020 和 LandUse2018,与我们的 YLN-F2020 数据集作对比,因为其数据集的时间均在 2018 年到 2020 年之间,时间相近。

在数据处理方面,由于我们的数据为 2m 分辨率,Global Land Cover30 V2020 和 LandUse2018 的空间分辨率分别为 30 m 和 100 m。因此本文将 YLN-F2020 数据集分别上采样至 30 m 和 100 m,为了保证采样方式和另外两个数据集匹配,采用耕地面积占比达到 50% 以上的视为耕地^[19]。在数据对比方面我们采用逐像元对比,以 YLN-F2020 为标准统计耕地中错分、漏分等情况,并进行了分区统计。

4 数据结果与验证

4.1 数据集组成

青藏高原“一江两河”地区高空间分辨率耕地分布数据集共包含 4 部分内容,分别为:研究区范围数据;耕地空间分布矢量数据;耕地空间分布栅格数据;耕地验证点。

4.2 数据验证

4.2.1 精度验证

经验证,YLN-F2020 产品和实地耕地样本点有基本相同的空间分布特征,实际可用耕地样本点有 351 个,其中被正确分为耕地的有 334 个,漏分的有 17 个,错误主要集中在南木林县、贡嘎县和扎囊县,提取耕地总体精度为 95.2%,说明耕地信息提取精度较高,能够反映研究区耕地的空间分布,结果真实可信。

4.2.2 产品对比结果

结果对比,GLC2020 和 LandUse2018 的耕地正确率较低,其中用户精度均未超过 55%,最高的为 GLC2020 为 53.97%,其次是 LandUse2018 为 43.25%;在生产者精度方面两个产品表现均稍好于用户精度,最高的为 GLC2020 为 70.15%,其次是 LandUse2018 为 53.77%。这说明目前公开的青藏高原耕地数据的空间分布仍存在较大的不确定性。因此目前的耕地产品无论是在宏观上对耕地空间位置分布的研究,还是微观上如耕地利用强度及其环境效应研究都难以满足其研究要求。

从分区县对比的角度,发现两个数据集在各区县中,除曲水县 GLC2020 的生产精度外,用户和生产者精度基本未超过 80%。其中两个产品在白朗县用户精度较高(图 4),GLC2020 和 LandUse2018 的用户精度分别为 73.49%和 62.56%,其余区县的用户精度均未超过 60%;在曲水县生产者精度最高,两个产品的生产者精度分别为 83.44%和 77.86%,

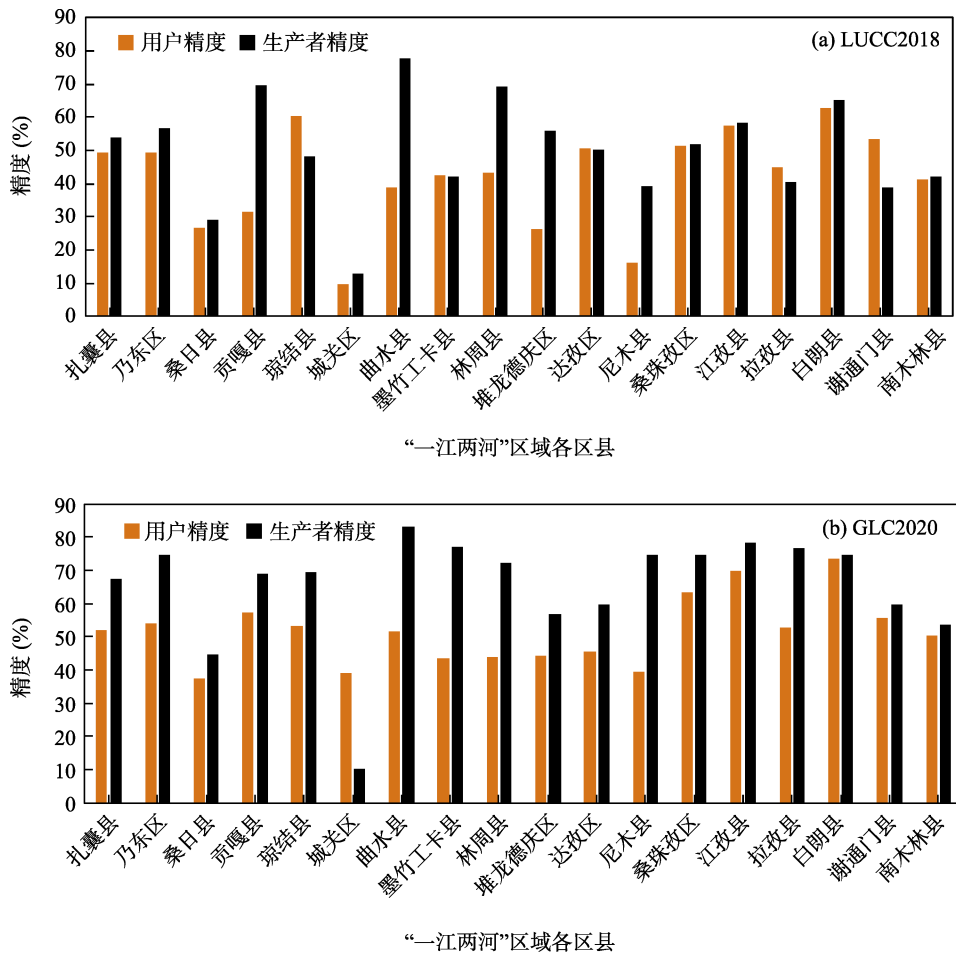
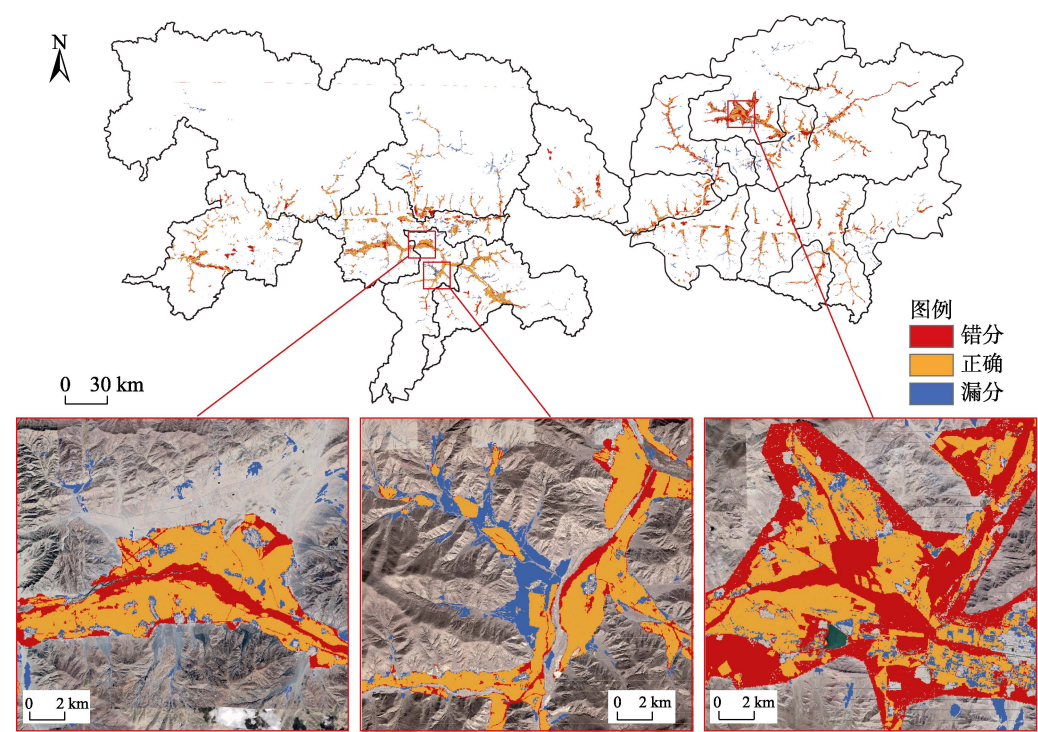


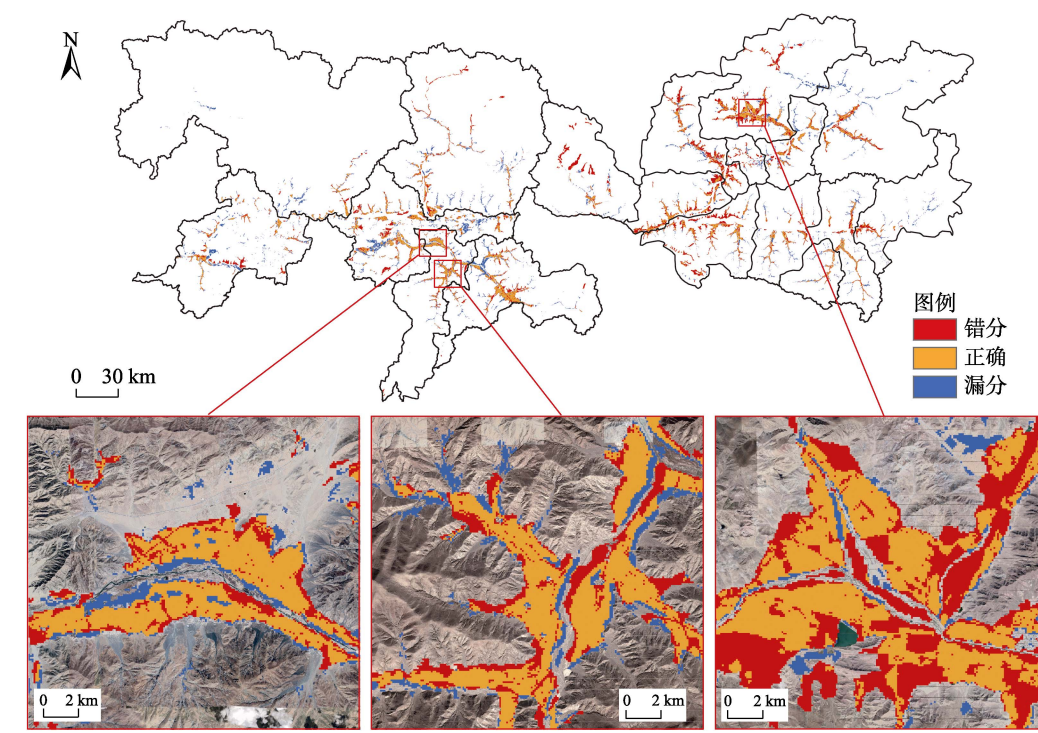
图 4 “一江两河”区域 GLC2020 和 LandUse2018 产品结果的各区县对比图

其余区县的生产者精度均未超过 80%，同时 LandUse2018 的生产者精度稍低，未超过 70%。因此从精度上来看，GLC2020 的精度整体在各区县好于 LandUse2018，但该两套数据级在区县的耕地研究方面受精度影响，仍难以满足相关的后续研究。从错误的空间分布的角度来看（图 5），发现错分的主要分布在沿河区域和山区冲积扇区域。

误差分析方面，GLC2020 和 LandUse2018 的分类错误多集中在地类方面，主要是草地、耕地、河流出现较多的误分漏分的情况。这个原因可能主要来源于以下几个方面：（1）训练样本不足，根据已有的 GLC2020 的文章^[20,21]，我们发现其用的耕地分类算法中，训练的样本点主要集中在地势相对平坦的平原区域，在青藏高原的样本较少，难以支撑“一江两河”地区的耕地分类。（2）影像质量较差，我们知道 GLC2020 和 LandUse2018 影像主要依据 Landsat 系列、资源系列卫星，该卫星的空间分辨率仅为 30 m，且容易受到云雾的影响，“一江两河”区域主要位于河谷阶地上，云雾较多，因此为 LandUse2018 的人机交互与 GLC2020 这种主要靠分类算法带来巨大的挑战。（3）混合像元，“一江两河”地区耕地分布破碎化度较高，用 30-m 分辨率（约合 0.9 hm²），混合像元严重，也是误差的主要来源。（4）分类算法的局限性，目前用的较多的分类算法，主要有基于阈值法、神经网络、随机



a. GLC2020 产品耕地的结果图



b. LandUse2018产品耕地的结果图

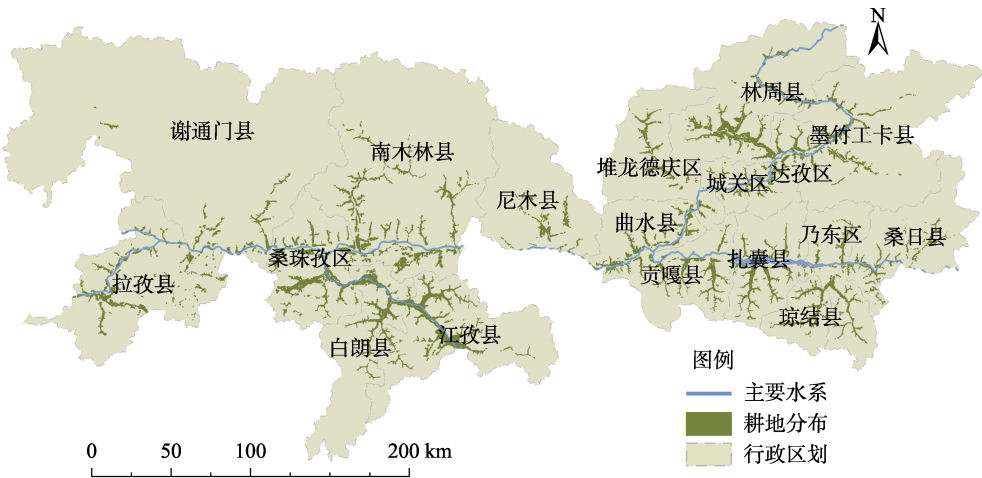
图 5 “一江两河”区域 GLC2020 和 LandUse2018 产品耕地结果的空间分布图

森林，该算法在快速的进行大区域土地分类与提取具有明显的优势。但是在很多中国或全球区域产品中，青藏高原的“一江两河”区域往往不是该产品关注的重点。因此这些算法的局限性在该区域被逐步放大，导致在该区域分类对“同谱异物”和“同物异谱”很难得到有效解决，从而增加了产品的错误率。

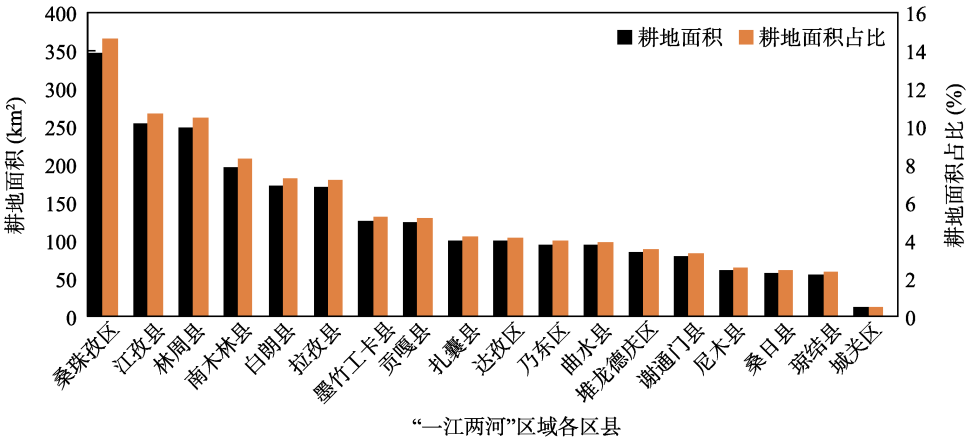
4.3 数据结果

4.3.1 “一江两河”地区耕地区域分布特征

“一江两河”耕地总面积 2,356.15 km²，从耕地分布图可以看出（图 6a），耕地沿雅鲁藏布江干流、拉萨河支流和年楚河支流分布，均匀分布在河流两侧，具有良好的灌溉条件，耕地在空间上呈现出东多西少、南多北少的分布特征。就县域而言，整个流域耕地最多的区县分布在西南部的桑珠孜区和拉孜县、中部的江孜县、白朗县和南木林县以及东北部的林周县，占整个“一江两河”流域耕地面积的 58.49%。其中，耕地面积最大的是桑珠孜区，耕地面积为 347.76 km²，占比 14.65%。其次为江孜县和林周县，耕地面积分别为 253.47 km² 和 248.53 km²，占整个流域全部耕地的 10.68%和 10.47%。城关区的耕地面积最小，为 11.63 km² 仅占流域耕地总面积的 0.49%（图 6b）。



a. “一江两河”耕地分布图



b. 各区县耕地面积及占比

图6 “一江两河”耕地区域分布及占比图

4.3.2 “一江两河”地区耕地密度空间分布

在对耕地区域分布特征分析的基础上，为了进一步反映“一江两河”流域耕地空间密度分布，在 ArcGIS10.7 中首先将耕地地块转为点，然后进行核密度估算并采用自然断点法将其划分为 5 个等级（图 7）。从图 7 可以看出，由于受地形因素和灌溉条件差异的影响，“一江两河”流域的耕地空间分布呈现明显的差异性，虽然耕地整体空间分布的占地面积较广，但在区域上还是呈现出了聚集特征，主要有西南密度聚集区和东部密度聚集区。耕地密度较高的区域主要集中在地势平坦的河谷地区，包括拉孜县南部，白朗县北部、江孜县中部、达孜区北部、墨竹工卡县西部、扎囊县中部以及乃东区中部地区；核密度中值区主要分布在“一江两河”流域南部，包括拉孜县东部、桑珠孜区大部分、贡嘎县大部分、桑日县大部分以及乃东区中部区域；而核密度较低的区域主要分布在研究区北部，包括谢通门县大部分、南木林县北部、尼木县、城关区以及堆龙德庆区五个区县。

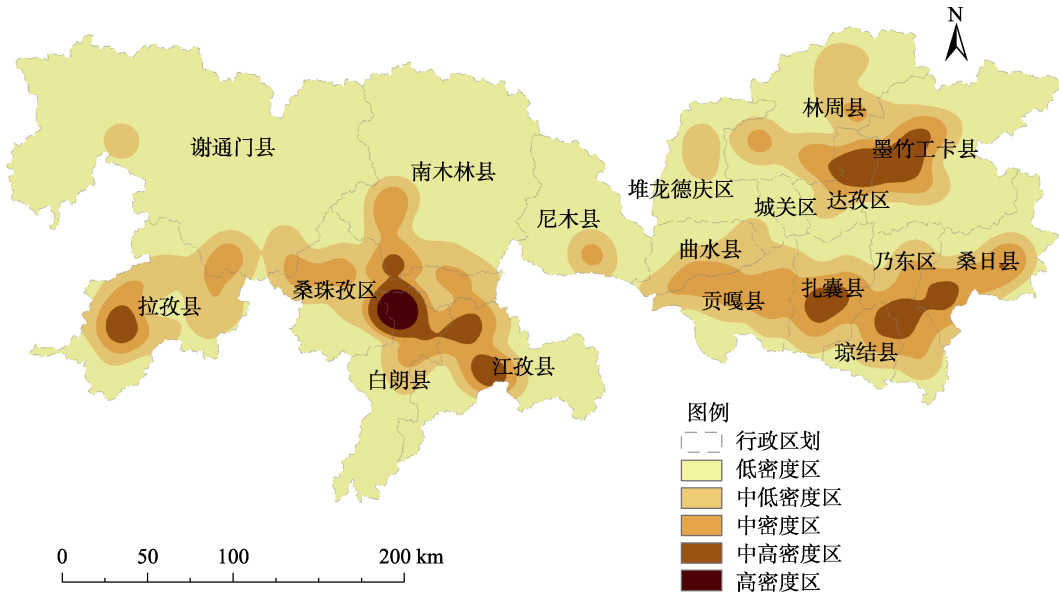


图 7 耕地核密度估计图

4.3.3 “一江两河”耕地空间关联性分析

本文分别采用全局自相关和局部自相关对“一江两河”流域的耕地分布进行空间关联性分析。为了更好地反映耕地在空间上的分布，将乡镇级别作为下一步的研究尺度，选择耕地占比，即用每个乡镇的耕地面积比上乡镇行政区划面积，作为属性信息计算全局莫兰指数并检验其显著性。结果显示研究区域全局自相关系数 Moran's I 指数为 0.57 大于 0，表明“一江两河”地区耕地呈现出了显著的空间自相关性，且 z 得分为 14.80，大于临界值 1.96，通过了显著性水平 $\alpha=0.05$ 的检验，表明“一江两河”耕地存在明显的空间聚集态势。

在全局自相关分析基础上，对“一江两河”流域耕地空间分布局部自相关情况进行分析。从莫兰指数散点图（图 8）中可以看出，“一江两河”流域绝大多数地区位于第一和第三象限，表明耕地空间分布趋向于高值聚集和低值聚集的空间正相关。

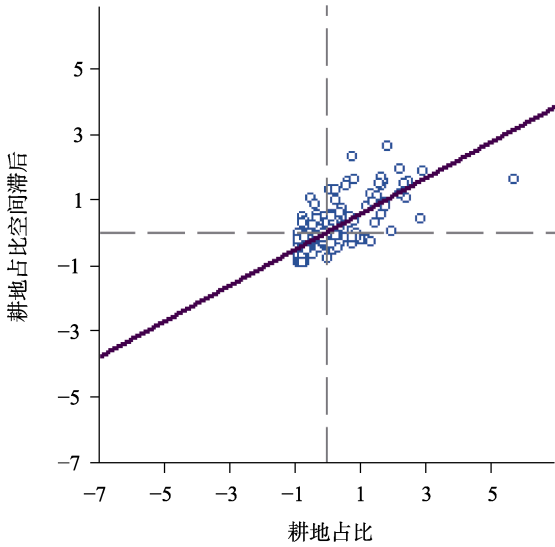


图 8 莫兰指数散点图

进一步，采用 LISA 聚集图来表征“一江两河”流域乡镇与其相邻耕地分布的同质和异质性特征（图 9）。从图 9 可以看出，LISA 集聚图呈现出以下空间关联特征：

“高-高”区。属于该类型的乡镇主要分布在江孜县的西部、白朗县北部和桑珠孜区的东南部，整体呈现“一江两河”流域中南部聚集区且范围较大，东北部零星分布。中南聚集区乡镇本身和其周围乡镇耕地占比都较高，地形条件较为平坦，且耕地沿江河下游分布。通过叠加坡度数据，发现中南部和东北部“高-高”聚集区分别分布于年楚河下游和拉萨河下游附近，两地水资源丰富，灌溉便利，而雅鲁藏布江干流下游两侧坡度不均，导致北侧耕地分布少，南侧耕地分布多，因此并未出现“高-高”聚集。结合人口和经济发展来看，东北部“高-高”聚集区距离拉萨市中心城区较近，人口密集且周边城市发展条件较好，因此中南部的耕地聚集范围要远大于中部。

“高-低”区。属于该类型的乡镇分布于曲水县东部。该区域耕地沿拉萨河分布，但这一类型的乡镇空间单元数较少，主要表现为乡镇内耕地占比高但周围乡镇耕地占比低。虽然受河流影响此处耕地分布密集，但曲水县东部邻接“低-低”聚集区，沿河耕地分布逐渐减少而后增多，因此出现“高-低”聚集现象。

“低-高”区。属于该类型的乡镇分布于江孜县、乃东区和林周县。该区域空间关系呈现出明显的异质性，该地区主要表现为乡镇内耕地占比低但周围乡镇耕地占比高。通过对比水系分布图，我们发现“低-高”区的乡镇受到水源因素的影响，河流附近是耕地分布的密集区，上游水源充足，耕地集中连片分布，耕地面积大，而下游河道变窄、水源骤减导致耕地面积减少。

“低-低”区。属于该类型的乡镇主要分布在谢通门县的东部、南木林县北部、尼木县北部和城关区附近，整体大致分布在“一江两河”流域的西北部和中东部地区，表现出了比较好的聚集态势。“一江两河”流域西北地区多山地，海拔高，虽然地势开阔，但受到耕作条件差，土壤有机质含量低，气候严寒干燥等诸多因素限制，不利于农作物的生长，因此该地区耕地分布很少甚至几乎没有，与此同时，该地区主要农业生产方式以畜牧业为主，

因此乡镇及其周边乡镇耕地占比相对较少。而位于中东部的城关区为拉萨市中心，经济发展水平相对其他地区高，即便拉萨河横穿而过，该区及周边地区耕地分布仍较少。

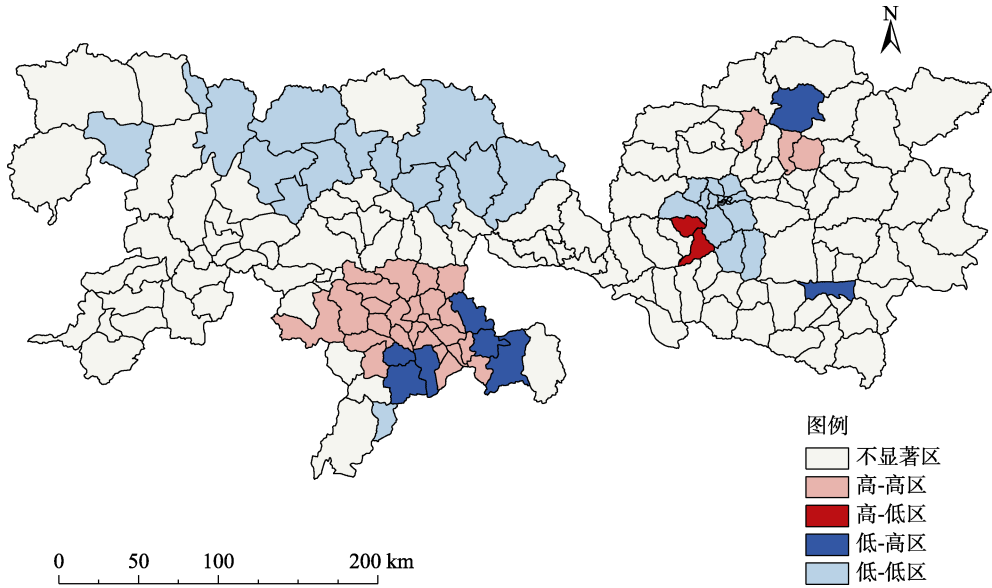


图 9 LISA 聚集分类图

5 讨论和总结

本文采用高空间分辨率遥感影像对青藏高原“一江两河”地区的耕地分布进行提取与 YLN-F2020 数据集产品的构建，将其与其他产品对比和精度评价，并对“一江两河”地区的耕地进行了空间分布格局分析，揭示其空间分布特征。研究发现，YLN-F2020 产品耕地提取总体精度为 95.2%，耕地分布信息精度较高，与 GLC2020 和 LandUse2018 等产品对比发现目前公开的青藏高原耕地数据耕地的空间分布仍存在较大的不确定性，难以满足研究需求。从区域分布特征来看，“一江两河”地区耕地主要沿河流分布，在空间上呈现出东多西少、南多北少的分布特征；从耕地分布密度来看，耕地在区域上呈现出了聚集特征，空间分布较为集中的主要是西南密度聚集区和东部密度聚集区；从空间关联性来看，“一江两河”地区耕地存在明显的空间正相关，有空间聚集的态势。基于高分辨率遥感影像的不断完善与发展，研究结果可以有效解决青藏高原“一江两河”地区耕地数据分辨率不足或数据缺失的问题，为建立全国范围耕地数据库提供数据基础，此外，对青藏高原耕地空间分布格局的研究能够充分了解该地区的耕地资源分布特征，有利于在社会经济发展过程中科学有效地把握青藏高原耕地资源利用决策。

需要指出的是，本研究分析耕地分布所采用的高分辨率遥感影像仅有 2020 年的数据，没有对过往年份的数据进行耕地提取作对比分析，无法观测耕地的动态变化趋势，缺少时间与空间的结合，且影像中仍有少量云层遮挡，目视解译存在一定误差，导致地物辨别不清，因此后续可以在耕地空间分布研究中考虑时空结合，并将目视解译并行其他解译方法进一步提高耕地提取的效率。

作者分工：王学和辛良杰对数据集的开发做了总体设计；卢亚晗做了数据验证；桑一铭采集和处理了数据并撰写了数据论文等。

利益冲突声明：本研究不存在研究者以及与公开研究成果有关的利益冲突。

参考文献

- [1] 余振国, 胡小平. 我国粮食安全与耕地的数量和质量关系研究[J]. 地理与地理信息科学, 2003(3): 45–49.
- [2] Bontemps, S., Defourny, P., Radoux, J., *et al.* Consistent global land cover maps for climate modelling communities: current achievements of the ESA's land cover CCI [C]. ESA Living Planet Symposium, 2013.
- [3] Chen, J., Chen, J., Liao, A., *et al.* Global land cover mapping at 30 m resolution: a POK-based operational approach [J]. *Isprs Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 2015, 103: 7–27.
- [4] Yu, L., Wang, J., Clinton, N., *et al.* FROM-GC: 30 m global cropland extent derived through multisource data integration [J]. *International Journal of Digital Earth*, 2013, 6(6): 521–533.
- [5] 吕婷婷, 刘闯. 基于 MODIS 数据的泰国耕地信息提取[J]. 农业工程学报, 2010, 26(2): 244–250.
- [6] Aparna, R. P., Mutlu, Özdoğan. Large area cropland extent mapping with Landsat data and a generalized classifier [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2018, 219: 180–195.
- [7] Pouliot, D., Latifovic, R., Zabcic, N., *et al.* Development and assessment of a 250 m spatial resolution MODIS annual land cover time series (2000–2011) for the forest region of Canada derived from change-based updating [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2014, 140: 731–743.
- [8] Han, K. S., Champeaux, J. L., Roujean, J. L. A land cover classification product over France at 1 km resolution using SPOT4/VEGETATION data [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2004, 92(1): 52–66.
- [9] 张森, 吴炳方, 于名召等. 未种植耕地动态变化遥感识别——以阿根廷为例[J]. 遥感学报, 2015, 19(4): 550–559.
- [10] Liu, J. Y., Liu, M. L., Tian, H. Q., *et al.* Spatial and temporal patterns of China's cropland during 1990–2000: an analysis based on Landsat TM data [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2005, 98: 442–456.
- [11] Zhang, Z., Wang, X., Zhao, X., *et al.* A 2010 update of national land use/cover database of China at 1:100000 scale using medium spatial resolution satellite images [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2014, 149: 142–154.
- [12] 张镡铨, 刘林山, 王兆锋等. 青藏高原土地利用与覆被变化的时空特征[J]. 科学通报, 2019, 64(27): 2865–2875.
- [13] 西藏自治区统计局. 西藏统计年鉴 2020[M]. 北京: 中国统计出版社, 2021.
- [14] 魏慧, 吕昌河, 杨凯杰等. 青藏高原及其典型地区设施农业空间分布数据集[J]. 全球变化数据学报, 2019, 3(4): 364–369. <https://doi.org/10.3974/geodp.2019.04.08>.
- [15] 桑一铭, 卢亚晗, 王学等. 青藏高原“一江两河”地区耕地分布数据集(2020)[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2022. <https://doi.org/10.3974/geodb.2022.10.04.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2022.10.04.V1>.
- [16] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策 [OL]. <https://doi.org/10.3974/dp.policy>. 2014.05 (2017 年更新).
- [17] 李丹, 田沛佩, 罗红英等. 西藏“一江两河”耕地生态安全时空格局与障碍诊断[J]. 农业机械学报, 2020, 51(10): 213–222.
- [18] 何万华. 气候变化背景下西藏“一江两河”流域作物种植区分布变化研究[D]. 重庆: 西南大学, 2018.
- [19] Chen, F., Chen, J., Wu, H., *et al.* A landscape shape index-based sampling approach for land cover accuracy assessment [J]. *Science China Earth Sciences*, 2016, 59 (12): 2263–2274.
- [20] Chen, X. Y., Lin, Y., Zhang, M., *et al.* Assessment of the cropland classifications in four global land cover datasets: a case study of Shaanxi province, China [J]. *Journal of Integrative Agriculture*, 2017, 16(2): 298–311.
- [21] Chen, J., Cao, X., Peng, S., *et al.* Analysis and applications of globeland30: a review [J]. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 2017, 6(8): 230.