

基于哨兵 2 号数据的撂荒地识别与分析——以甘肃省麦积区为例

王瑞君, 杨斌斌*, 吕志鹏 (甘肃林业职业技术学院, 甘肃天水 741020)

摘要 以甘肃省麦积区为研究区域, 采用哨兵 2 号遥感卫星数据, 并基于面向对象的方法对该区域的撂荒地进行了识别, 分类总体精度达到 92%, Kappa 系数为 0.82。空间统计结果显示, 麦积区的撂荒地面积为 12 600.31 hm², 占麦积区总面积的 3.62%, 占耕地总面积的 22.02%。坡度分析和交通条件分析发现, 地形因素和交通条件是导致撂荒的重要原因。对麦积区的撂荒地进行空间自相关分析发现, 撂荒地存在显著的空间集聚特征。

关键词 撂荒地; 哨兵 2 号; 面向对象图像分类; 空间自相关

中图分类号 S 127 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2024)22-0070-05

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2024.22.013

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Identification and Analysis of Abandoned Land Based on Sentinel-2 Data—A Case Study of Maiji District, Gansu Province

WANG Rui-jun, YANG Bin-bin, LÜ Zhi-peng (Gansu Forestry Polytechnic, Tianshui, Gansu 741020)

Abstract Taking Maiji District in Gansu Province as the research area, object-oriented method was used to identify abandoned land based on Sentinel-2 remote sensing satellite data, the overall classification accuracy reached 92%, and the Kappa coefficient was 0.82. The spatial statistical results showed that the abandoned land area in Maiji District was 12 600.31 hm², accounting for 3.62% of the total area of Maiji District and 22.02% of the total cultivated land area. Slope analysis and traffic condition analysis found that terrain factors and traffic conditions were important reasons for abandonment. A spatial autocorrelation analysis of abandoned land in Maiji District revealed significant spatial clustering characteristics.

Key words Abandoned land; Sentinel-2; Object-oriented image classification; Spatial autocorrelation

随着城镇化和工业化的迅速发展, 非农就业收入和机会的增加使得大部分农村劳动力转移到其他行业, 导致耕地撂荒现象日益严重。耕地撂荒不仅导致土地资源的浪费, 还会造成土壤质量下降, 加剧水土流失和土地荒漠化。此外, 耕地撂荒导致的农产品产量下降还会造成食品短缺和食品安全问题。因此, 采取有效措施防止耕地撂荒至关重要, 而要做到这一点, 首要任务就是有效识别和监测耕地撂荒情况。

近年来, 随着遥感技术的不断发展, 利用遥感识别耕地撂荒已经成为可能。如肖国峰等^[1]使用 Landsat 数据和 HJ1A 数据, 并采用 CART 决策树分类方法, 制定了撂荒地的识别规则, 监测了 1992—2017 年山东省庆云县和无棣县的撂荒地, 结果显示最大撂荒率为 5.37%; 刘智丽^[2]利用 2017—2019 年不同季节的哨兵 2 号遥感影像数据监测了山西省祁县耕地变化, 并采用面向对象分类方法识别撂荒耕地, 该方法提取撂荒地的总体精度为 86.3%; 刘鑫鹏等^[3]以贵州清镇市为研究区, 利用哨兵 2 号高分辨率卫星遥感数据, 考虑季相变化特征并结合波段光谱差异的植被指数变化检测法识别耕地撂荒, 分类精度可达到 82%; 周迪^[4]以重庆市酉阳县为例, 运用 Land Trendr 算法识别耕地撂荒的效果显著, 撂荒结果精度可达 81.0%, 降水、农业人口和 GDP 是影响撂荒的重要因素; 欧阳许童等^[5]以四川省南充市营山县为研究区域, 通过 GEE 平台, 利用 Sentinel-2 和 Landsat7、Landsat8 数据构建时序数据集, 计算归一化植被指数 (NDVI)、增强植被指数 (EVI)、土壤植被指数 (BSI) 和裸土指数 (MBI) 等指数组合, 分别利用支持向量机和随机森林法提取撂荒耕

地, 总分类精度为 73.76%, Kappa 系数为 0.68; 宋宪强等^[6-7]在分析撂荒地光谱特征及农作物物候特征的基础上, 提出了基于决策树和随机森林与时序 NDVI 变化检测耦合的方法, 以 Landsat 系列数据作为数据源, 对撂荒地进行提取和分析。在研究耕地撂荒的驱动力和空间特征方面, 张珍^[8]研究了甘肃省静宁县的撂荒现状和空间分布特征, 结果表明, 耕种比较效益低下是耕地撂荒的根本原因, 社会经济因素是耕地撂荒的主要驱动力, 农业生产条件差、土地流转困难是耕地撂荒的间接原因; 朱小文等^[9-11]研究耕地撂荒的时空分布和驱动力表明, 社会经济因素是主要驱动力, 耕地边际化是根本原因; 许晓婷等^[12-13]利用 GIS 空间统计分析方法研究了撂荒耕地空间分布格局, 发现撂荒耕地存在显著的空间集聚性; 韦中晖等^[14-16]研究了撂荒地的时空格局变化, 在空间上撂荒地多分布在交通条件差、坡度较大的区域, 在时间上呈现先增后减趋势, 撂荒地复垦主要集中在种植条件较好的平原地区部分。尽管利用遥感卫星识别撂荒地研究取得了一些进展, 但仍然存在一些挑战, 如遥感数据的质量和分类方法的选择对撂荒地识别精度影响较大。特别是在山地和丘陵区域, 这些地区的耕地破碎、形状不规则、农作物种类杂乱, 给撂荒地的识别带来了巨大的挑战。笔者以甘肃省麦积区为研究区域, 利用 Sentinel-2 卫星 2022 年 3 期遥感数据构建了 NDVI 合成图, 采用面向对象图像分类方法对研究区域撂荒地进行了识别, 并通过 GIS 空间分析方法对其空间分布特征和撂荒原因进行分析。

1 资料与方法

1.1 研究区域概况 以甘肃省麦积区为研究区域。麦积区地处 105° 25′ ~ 106° 43′ E、34° 06′ ~ 34° 48′ N, 全区总面积 3 480 km²。麦积区处于甘肃东南部, 地处黄土高原与秦岭山脉交汇处, 地势较为复杂, 包含山地、丘陵和平原等不同地形

基金项目 甘肃省高等学校创新基金项目 (2023A-250)。

作者简介 王瑞君 (1974—), 女, 甘肃天水人, 讲师, 从事水污染控制与水资源利用研究。* 通信作者, 讲师, 硕士, 从事土地利用、地理信息系统研究。

收稿日期 2024-01-14

类型。麦积区属于大陆半湿润季风气候,年降水量 600 mm 左右。境内有黄河最大的支流渭河过境而过,流域面积 2 180 km²,占全区总面积的 62.6%。麦积区农业资源丰富,主要种植小麦、玉米、马铃薯和油菜等农作物。此外,麦积区还是苹果、樱桃和花椒等特色农产品的重要生产地。

1.2 数据来源 该研究利用欧空局哨兵 2 号遥感卫星数据,空间分辨率为 10 m。哨兵 2 号数据分为 L1C 级别和 L2A 级别,其区别主要是 L2A 是经过辐射定标和大气校正处理,该研究的数据均为 L2A 级别,所以不再进行辐射定标和大气校正处理操作。

考虑到耕地和撂荒地的主要区别是耕地存在周期性的耕种和收割行为,耕种和收割前后的植被覆盖差异较大,因此可利用种植期和收割期的遥感影像识别撂荒地。麦积区主要农作物的播种期和收割期如表 1 所示。该研究选取了麦积区主要农作物播种期、生长期和收割期 3 个阶段的遥感影像,用于识别撂荒地。考虑到数据可得性、含云量等因素,最终确定 2022 年 4 月 1 日、6 月 30 日和 10 月 18 日 3 期数据作为数据源。

表 1 麦积区主要农作物种植和收割时间

Table 1 Planting and harvesting time of main crops in Maiji District

农作物 Crop	种植期 Planting time	收割期 Harvesting time
冬小麦 Winter wheat	10 月中旬	6 月中旬到 6 月底
油菜 Rape	9 月上中旬	6 月初
玉米 Corn	4 月初	9 月底
马铃薯 Potato	3 月中旬	10 月中旬

此外,该研究还使用了来源于地理空间数据云(<http://www.gscloud.cn/>) 30 m 分辨率的数字高程模型数据(DEM),利用 DEM 生成坡度数据,统计分析撂荒地的坡度分布情况。道路数据来源于 OpenStreetMap 网站。

1.3 研究方法

1.3.1 构建 2022 年度 NDVI 合成图。NDVI 是植被生长状态及植被覆盖度的最佳指示因子。NDVI 是基于影像近红外波段和红色波段的反射率得到,其计算公式如下:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

式中: NIR 为近红外波段的反射值; R 为红外波段的反射值。NDVI 在 [-1, 1], 负值表示地面覆盖为云、水、雪等; NDVI 为 0, 表示有岩石或裸土等; 正值表示有植被覆盖, 并且植被越茂盛, 其 NDVI 越大。

图 1 展示的是不同耕地类型的 NDVI 随时间的变化趋势。撂荒地与耕地和园地相比, 没有施肥、灌溉等人为干预措施, 因此其 NDVI 随着时间变化较平滑。麦积区主要农作物按照播种和收割季节可分为春种秋收和秋种夏收 2 类。其中秋种夏收作物如冬小麦和油菜, 在 4 月初 NDVI 处于较高水平, 而在 6 月底这些作物均已收割完毕, 因此其 NDVI 会出现大幅度递减。春种秋收作物如马铃薯和玉米等, 在 4 月初处于刚播种或萌芽状态, NDVI 较小, 夏季正处于生长期,

NDVI 会大幅度增加, 而到 10 月中旬时已收割完毕, 所以其 NDVI 先升高后降低。园地主要种植樱桃、花椒和苹果等, 其 NDVI 呈现出逐步递增的状态。由此可见, 撂荒地的 NDVI 在这 3 个阶段与其他耕地类型有明显的差异, 因此可利用图像分类识别撂荒地。

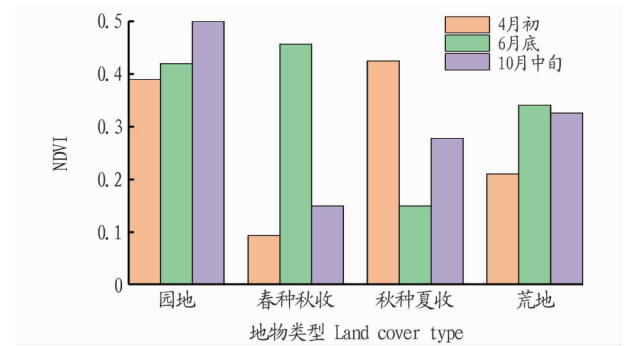


图 1 不同地物类型的 NDVI 时序变化

Fig.1 Time series changes of NDVI for different land cover types

为了识别撂荒地, 该研究首先计算了 4 月初、6 月底和 10 月中旬的 3 期遥感影像的 NDVI, 再经波段合成构建 NDVI 合成图, 其中 RGB 的 3 个通道分别对应 4、6、10 月 3 期影像的 NDVI。图 2 展示了同一地方不同时期的遥感影像及最终 NDVI 合成图, 秋种夏收作物在 NDVI 合成图中呈现出红色或粉红色, 而春种秋收作物在 NDVI 合成图中呈现出绿色或蓝色特征, 而撂荒地呈现紫色。综上所述, 可基于 NDVI 合成图经图像分类方法提取撂荒地。

1.3.2 撂荒地识别方法。图像分类的方法有监督分类、非监督分类和面向对象分类等方法, 该研究采用面向对象分类方法识别撂荒地。面向对象分类包括图像分割和对象分类 2 个阶段。图像分割是将图像分成若干个特定、形状大小不一致的若干独立对象, 对象内部有相似的特征, 对象之间差别较大。现有的图像分割方法主要有基于阈值的分割方法、边缘检测法和基于特定理论的分割方法。图像分类通过每个对象的光谱特征、纹理特征和空间特征将对象分为不同的类别。该研究图像分割算法采用边缘检测算法, 因为研究区域属于山地地形, 耕地多是梯田, 分布零碎且形状不规则, 同一片农田种植农作物种类杂乱。为了提高分类结果精度, 分割和合并的阈值要尽可能小。图像分类采用光谱特征分类, 经过反复调优, 确定分类规则为 4 月 1 日 NDVI 在 0.140 ~ 0.210, 6 月 30 日 NDVI 在 0.217 ~ 0.345, 10 月 18 日 NDVI 在 0.257 ~ 0.383。

1.3.3 分类结果精度评价。该研究采用空间自相关分析方法进行结果精度评价。空间自相关分析是一种度量空间数据的分布特征和相互关系的统计方法, 空间自相关分析分为全局空间自相关分析和局部空间自相关分析^[13, 17-18]。

全局自相关由莫兰指数描述整个研究区域的空间分布模式。莫兰指数的取值为 [-1, 1], 当其取值大于 0 时, 说明空间正相关; 当其值小于 0 时, 表示存在空间负相关; 当其值接近于 0 时, 表示空间随机分布。

局部自相关的常用指标是局部莫兰指数, 用于反映每个

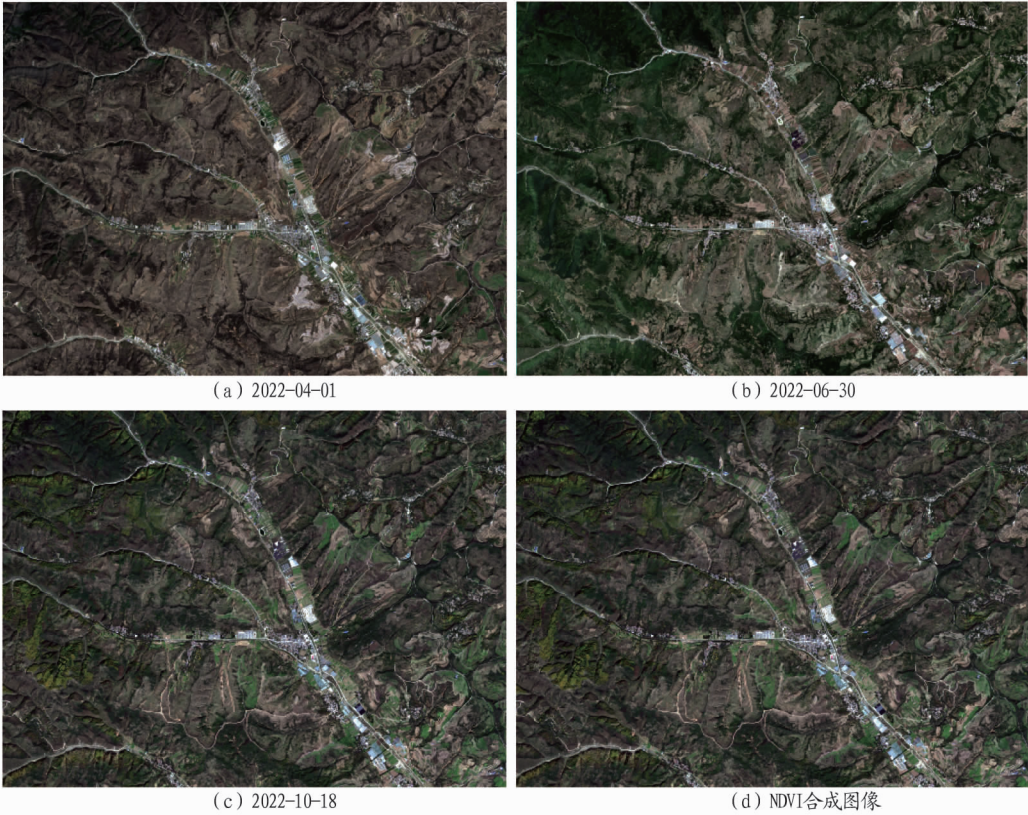


图 2 3 期哨兵 2 号数据及其 NDVI 合成图像

Fig.2 Phase 3 Sentinel-2 data and its NDVI composite image

地区或单元与其周围区域之间的空间差异程度。局部莫兰指数可以用来识别研究区域中存在的高高聚集区、低低聚集区、高低异常值和低高异常值等不同类型的空间集聚或离散现象。在该研究中,高高聚集区是指撂荒率高的村,其周围村庄的撂荒率也高;低低聚集区是指撂荒率低的村庄,其周围撂荒率也低;高低聚集是指中心的村庄撂荒率高,但是周围的撂荒率低;低高聚集的情况与高低聚集正好相反。

2 撂荒地调查结果与原因

2.1 样本分类调查结果 在研究区内选择 200 个样本进行撂荒地分类结果的验证样本,验证样本覆盖了麦积区基本所有土地用地类型,具体占比详见表 2。验证样本的真实类别通过高分辨率卫星目视解译和实地调查方式得到。

表 2 验证样本类别及数量

Table 2 Types and quantities of validation samples

样本类别 Sample type		样本数量 Sample quantity	占比 Proportion//%
农田 Farmland	秋种夏收作物	40	20.0
	春种秋收作物	40	20.0
林地 Forest	常绿林	20	10.0
	落叶林	20	10.0
建设用地 Construction land		15	7.5
撂荒地 Abandoned land		40	20.0
水域 Waters		5	2.5
园地 Garden plot		20	10.0
总计 Total		200	100

经过验证,得到撂荒地分类结果的混淆矩阵如表 3 所示。经计算总体精度为 0.92,Kappa 系数为 0.82,由此可见,该研究提出的撂荒地识别方法可靠性较高。

表 3 图像分类结果混淆矩阵

Table 3 Confusion matrix of image classification results

单位:个

分类类别 Classification category	真实类别 Real category		合计 Total
	撂荒地 Abandoned land	非撂荒地 Non abandoned land	
撂荒地 Abandoned land	1 548	13	1 561
非撂荒地 Non abandoned land	365	2 817	3 182
合计 Total	1 913	2 830	4 373

2.2 撂荒原因

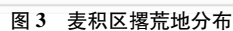
2.2.1 坡度对土地撂荒的影响。《土地利用现状调查技术规程》对耕地坡度分为 5 级,即 $\leq 2^\circ$ 、 $>2^\circ \sim 6^\circ$ 、 $>6^\circ \sim 15^\circ$ 、 $15^\circ \sim 25^\circ$ 、 $>25^\circ$ 。地面坡度的不同级别,对耕地利用的影响不同。 $\leq 2^\circ$ 一般无水土流失现象; $>2^\circ \sim 6^\circ$ 可发生轻度土壤侵蚀,需注意水土保持; $>6^\circ \sim 15^\circ$ 可发生中度水土流失,应采取修筑梯田等措施,加强水土保持; $>15^\circ \sim 25^\circ$ 水土流失严重,必须采取工程、生物等综合措施防治水土流失; $>25^\circ$ 为《水土保持法》规定的开荒限制坡度,即不准开荒种植农作物,已经开垦为耕地的,要逐步退耕还林还草。对麦积区撂荒地进行空间统计,结果发现(表 4),麦积区共有 84.15%的撂荒地坡度 $> 6^\circ$,可见麦积区撂荒地主要分布在坡度 $> 6^\circ$ 的山地,所以地形是导致麦积区土地撂荒的重要原因。

表5 麦积区撂荒地到道路的距离分布情况

Table 5 Distribution of distance from abandoned land to roads in Maiji District

撂荒地到道路距离 Distance from abandoned land to road//m	撂荒地面积 Abandoned land area//hm ²	占比 Proportion %
≤50	2 558.01	20.30
>50~100	1 743.42	13.84
>100~200	2 434.75	19.32
>200~500	3 602.42	28.59
>500~1 000	1 662.02	13.19
>1 000	599.69	4.76
合计 Total	12 600.31	100

2.2.3 其他因素。经统计,麦积区的撂荒地总面积为 12 600.31 hm²,占麦积区总面积的 3.62%,占耕地总面积的 22.02%,说明麦积区的撂荒现象已极其严重。以镇为单位统计各乡镇的撂荒地面积,并计算撂荒地面积占镇总面积的比例,结果发现(图 3),麦积区撂荒地主要集中在西北区域,东部和南部乡镇的撂荒地较少,其中,撂荒最严重的镇是石佛镇。



在渭南镇和中滩镇,这些乡镇位于渭河与葫芦河交汇的冲积平原,地势较为平缓,可进行机械化作业,并且离河流较近,方便灌溉,因此撂荒地较少,而周边多为山地梯田,不利于进行机械化作业,因此撂荒地较多,所以出现了反常的低高聚集现象。

该研究选择了播种期、生长期和收获期的哨兵 2 号遥感数据构建了时序 NDVI 图,采用面向对象方法对麦积区撂荒地进行识别,结果表明:①经验证,撂荒地识别结果精度为 0.92,Kappa 系数为 0.82,证明了该研究提出的方法可行性较高。②经空间统计分析,麦积区撂荒地面积达到了

12 600.31 hm², 占总面积的 3.62%, 撂荒地主要分布在西北部, 撂荒现象最严重的是石佛镇, 撂荒面积占耕地总面积的 22.02%, 撂荒现象已极其严重。对麦积区撂荒地进行空间自相关分析发现, 耕地撂荒存在显著的空间集聚特征。麦积区撂荒地高高集聚区主要发生在石佛镇、中滩镇和渭南镇等西

北部乡镇。③在撂荒驱动力分析中, 坡度统计分析发现, 麦积区有 84.15% 的撂荒地坡度 > 6°, 有 65.86% 的撂荒地距离道路超过 100 m, 说明导致麦积区耕地撂荒的重要原因是地形因素和交通条件差。

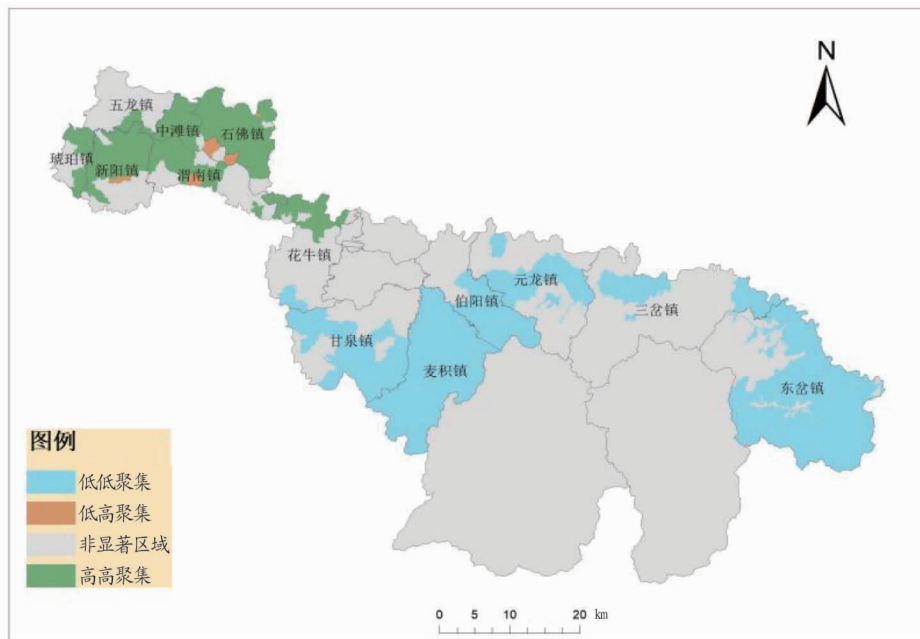


图 4 麦积区撂荒地空间自相关分析

Fig.4 Spatial autocorrelation analysis of abandoned land in Maiji District

撂荒的耕地会迅速长出杂草, 这些杂草的种子还会传播到周边的耕地, 占据农作物的生长空间, 从而降低耕地的收益。此外, 大面积成片的撂荒地还会导致野猪、田鼠、野鸡等野生动物数量大幅度增加, 而这些动物会啃食农作物, 造成农作物严重减产, 严重打击农民种地的积极性, 从而加剧了撂荒现象的严重程度。为了避免耕地进一步撂荒, 结合麦积区的实际情况, 可采取以下措施: ①严格落实国家政策。根据《粮食安全保障法》, 连续撂荒 2 年以上的承包地, 村集体有权中止承包关系并收回土地。对收回的承包地进行重新分配, 将土地分配给有能力和有意愿种植的人, 并给予一定的种粮补贴。②加快土地流转。土地流转是农业现代化快速发展的需要, 规模化经营有利于提高耕地的收益, 同时也可以为村民提供更多的就业机会。要加大对土地流转政策的扶持力度, 对于流转撂荒地的个人和合作社进行奖励和补助。③大力发展特色产业。耕地撂荒的根本原因在于种地的收益过低, 因此可以根据每个乡镇的产业优势和土地条件, 发展适合本地的特色农产品, 提高农民的收入。政府可以协助解决特色农产品的销售问题, 从而有效避免耕地撂荒现象。

参考文献

- [1] 肖国峰, 朱秀芳, 侯陈瑶, 等. 撂荒耕地的提取与分析: 以山东省庆云县和无棣县为例[J]. 地理学报, 2018, 73(9): 1658-1673.
- [2] 刘智丽. 基于哨兵 2 号的撂荒地遥感监测研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2021.
- [3] 刘鑫鹏, 李栋梁, 赵天成, 等. 基于遥感的撂荒耕地提取方法比较研究[J]. 南京晓庄学院学报, 2022, 38(6): 81-87.

- [4] 周迪. 基于 LT-GEE 的酉阳县耕地撂荒识别研究[D]. 荆州: 长江大学, 2023.
- [5] 欧阳许童, 张璇, 李维庆, 等. 基于 Sentinel-2 和 Landsat 卫星时序数据的耕地撂荒识别[J]. 测绘通报, 2023(8): 57-62.
- [6] 宋宪强, 梁钊雄, 周红艺, 等. 基于决策树与时序 NDVI 变化检测的耕地撂荒遥感监测: 以四川省凉山州普格县为例[J]. 山地学报, 2021, 39(6): 912-921.
- [7] 徐春晓. 基于随机森林和 Markov 算法的云南省撂荒耕地提取和预测方法研究[D]. 昆明: 云南师范大学, 2023.
- [8] 张珍. 基于 GIS 的静宁县耕地撂荒研究[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(16): 82-85.
- [9] 朱小文, 马能文, 胡鹏飞, 等. 近 20 年陇东黄土高原耕地撂荒及其驱动力研究: 以甘肃省平凉市崆峒区为例[J]. 中国农学通报, 2019, 35(9): 95-101.
- [10] 张杰琳, 康鸳鸯, 陈义勋, 等. 近 20 年关中西部耕地秋季撂荒时空格局及其影响因素[J]. 干旱地区农业研究, 2023, 41(3): 229-237, 265.
- [11] 张振江. 撂荒耕地遥感提取及驱动因素分析: 以江西省玉山县为例[D]. 南昌: 东华理工大学, 2023.
- [12] 许晓婷, 王思恩, 焦俏, 等. 陕西关中平原撂荒耕地空间分布格局[J]. 湖北农业科学, 2023, 62(3): 75-79.
- [13] 刘耀楷, 张靖琳, 王友情, 等. 遂溪县季节性撂荒耕地的空间格局与空间自相关分析[J]. 安徽农学通报, 2023, 29(13): 116-122.
- [14] 韦中晖. 基于长时序遥感数据的耕地撂荒时空格局演变分析[D]. 焦作: 河南理工大学, 2022.
- [15] 唐瑞. 基于 GIS 的四川省阆中市撂荒地时空格局变化研究[D]. 南充: 西华师范大学, 2022.
- [16] 李晓杰. 定西市安定区近十年 (2009-2018) 撂荒地时空格局演变[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2020.
- [17] 禹文豪, 艾廷华, 杨敏, 等. 利用核密度与空间自相关进行城市设施兴趣点分布热点探测[J]. 武汉大学学报 (信息科学版), 2016, 41(2): 221-227.
- [18] 许鹏, 方丽媛. 基于 GIS 的山地城市网络空间覆盖格局及影响因素研究: 以陕西省汉中市为例[J]. 新疆师范大学学报 (自然科学版), 2023, 42(4): 77-86.