

doi: 10.6046/gtzyyg.2020.03.04

引用格式: 王玲玉, 陈全, 吴跃, 等. 基于地块级时序 NDVI 的喀斯特山区撂荒地特征精准识别[J]. 国土资源遥感, 2020, 32(3): 23-31. (Wang L Y, Chen Q, Wu Y, et al. Accurate recognition and extraction of karst abandoned land features based on cultivated land parcels and time series NDVI[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2020, 32(3): 23-31.)

基于地块级时序 NDVI 的喀斯特山区撂荒地特征精准识别

王玲玉¹, 陈全¹, 吴跃¹, 周忠发^{1,2}, 但雨生¹

(1. 贵州师范大学喀斯特研究院, 贵阳 550001; 2. 贵州师范大学地理与环境科学学院, 贵阳 550001)

摘要: 撂荒地在全球呈扩散趋势, 已成为土地利用的重要研究方向, 喀斯特石漠化耕地的撂荒因多云多雨造成可利用的光学遥感影像十分有限, 且因混合像元严重而不易被精确识别和提取。利用短期高空间分辨率影像和长时序中等空间分辨率影像的特性, 以贵州省息烽县为例, 首先, 从高空间分辨率影像中提取的耕地地块数据, 同时, 利用最大值合成法基于 Landsat 数据得到 2003—2018 年间的时序 NDVI 数据; 然后, 运用阈值法识别撂荒地 NDVI 特征; 最后, 叠加喀斯特石漠化信息, 分析撂荒与石漠化的关系。结果表明: ①耕地地块和时序 NDVI 组合数据能够精准地识别提取撂荒地, 在 95.56% 的耕地提取精度下撂荒地识别精度达 90.7%, 该方法在光学数据缺乏和耕地破碎的多云雨山区有很好的应用效果; ②耕地撂荒归一化植被指数(normalized difference vegetation index, NDVI) 曲线在形态上表现为“V”型特征, 连续撂荒曲线形态呈“U”型特征, 累计撂荒 NDVI 曲线形态呈不对称“W”型、“M”型或多个“W”和“M”组合型, 其变化复杂多样; ③非喀斯特撂荒地 NDVI 总体水平比石漠化撂荒地高, 石漠化等级高低与 NDVI 曲线整体水平呈反比关系、与曲线波动程度呈正相关关系, 撂荒次数与地块 NDVI 值呈反比关系、与 NDVI 曲线离散程度呈正相关关系。研究结果为喀斯特多云雨山区撂荒地的精准识别提取提供了高效、可行的思路和方法。

关键词: 喀斯特; 石漠化耕地; 撂荒地; 时序分析; 地块

中图分类号: TP 75 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-070X(2020)03-0023-09

0 引言

随着社会的发展, 耕地撂荒在全球呈扩散趋势^[1]。从地形地貌角度看, 不同国家和地区的耕地撂荒情况相似, 主要分布在山区, 少数发生在平原地区^[2]。耕地撂荒现象已成为土地覆盖/土地覆盖变化(land use /land cover change, LUCC) 研究的重要方向之一。目前撂荒地信息获取主要采用农户调查和遥感的方法^[3]。农户调查法虽能了解撂荒的机理, 但由于调查农户的主观性和话题敏感性, 加上调查采样数量和技术方法的控制, 很难得到客观、全面的信息。

遥感手段调查撂荒分为遥感解译和基于时序归一化植被指数(normalized difference vegetation in-

dex, NDVI) 识别 2 类。遥感解译主要对研究区的单时相或多时相遥感影像进行解译, 其中单时相遥感解译^[4-5] 能够获取大范围的耕地信息, 但需要本底数据及大量其他数据的辅助以提高解译精度; 连续多时相遥感解译运用不同分类方法^[6-9] 得到土地利用图, 再提取撂荒地的变化信息进行研究, 该方法受到山区零碎细小耕地影响和影像分辨率的制约, 解译精度不高; 解译后的野外验证^[10] 虽能够进一步提高精度, 但仅适用于范围较小并且通达性较好的研究区, 难以获得较大范围信息。NDVI 是运用最为广泛的植被指数^[11], NDVI 时序变化多用于监测农作物^[12]、提取作物物候信息以及种植结构^[13-14]。基于时序 NDVI 数据提取撂荒地^[15] 是目前用于提取撂荒地的有效方法^[8], 但该方法需要解译短时间内多期连续光学影像数据, 难以适用于缺乏光学数

收稿日期: 2019-09-04; 修订日期: 2019-12-11

基金项目: 国家自然科学基金地区项目“喀斯特石漠化地区生态资产与区域贫困耦合机制研究”(编号: 41661088)、贵州省高层次创新型人才培养计划—“百”层次人才项目(编号: 黔科合平台人才[2016]5674)和贵州省研究生科研基金项目(编号: 黔教合 YJSCXJH[2020]) 共同资助。

第一作者: 王玲玉(1988-), 女, 博士研究生。主要从事喀斯特山区耕地与遥感应用研究。Email: wly_yu@163.com。

通信作者: 周忠发(1969-), 男, 教授, 博士生导师。主要从事 GIS 与遥感, 喀斯特资源与环境研究。Email: fa6897@163.com。

据的多云雨地区。

现有国内外基于遥感解译或时序 NDVI 的识别方法,均针对研究区内全地理要素进行解译和识别,工作量巨大且存在混合像元导致的错分、漏分现象。耕地作为最低级、最简单、最小的基本地块单位,具有明显边界和权属单一的特征,耕种作物类型完全受农户控制。耕地地块明显的边界和内部结构在提取农作物信息时能有效改善边界混合像元引起的错分、漏分^[16],而且地块边界长期稳定,获取的耕地地块具有较高的复用性,如朱长明等^[17]提取耕地地块,将冬小麦提取控制在地块范围内,排除了非农作物植干扰信息的影响;邓刘洋等^[18]基于地块运用多时相遥感影像识别冬小麦,精度达到了95%以上。喀斯特山区地表崎岖破碎,不仅山地面积大,而且坡度陡^[19],耕地又多零星分布于坡地,加上作物生长期的光学遥感影像常常受到云雨影响,运用耕地地块信息一方面能够避免中等空间分辨率影像全区域解译遥感影像产生的误差,以及不同影像解译斑块边界不吻合现象;另一方面可以弥补多云雨地区高空间分辨率光学影像的不足,提高识别精度。

中国南方喀斯特地区山多地少、人口压力大,大量开垦坡耕地会引发严重的水土流失,形成或加剧石漠化,土壤以及养分流失后土地生产力急剧下降,又导致其他坡耕地被大量开垦,形成恶性循环;而耕地条件较好的地方则因为人口的输出产生耕地撂荒,形成耕地资源的不平衡分布。及时准确的撂荒地数量和分布信息是把握区域粮食安全以及种植结构优化调整的重要支撑数据。为此,本文选取我国典型的喀斯特山区——贵州省息烽县为研究区,充分发挥高空间分辨率影像和中分辨率数据的优势,利用有限高空间分辨率影像提取耕地地块,结合2003—2018年间中等空间分辨率时序 NDVI 变化识别撂荒地的变化特征,分析和提取撂荒地的时空格局。再叠加耕地地块内的石漠化等级,耦合分析撂荒地与石漠化的空间关系,为多云雨喀斯特山区撂荒地的精准识别提取提供高效、可行的思路和方法。

1 研究区概况及数据源

1.1 研究区概况

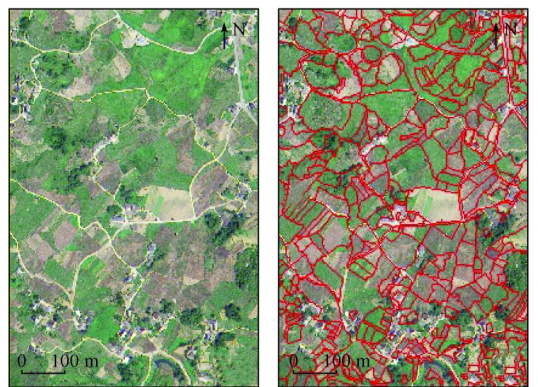
贵州省息烽县地处 E106°27′~106°53′, N26°57′~27°19′之间,面积为 10 342.34 hm²。该地区属北亚热带和南温带季风气候区,气候温和,雨量充沛,年平均气温为 14.5℃,地势南高北低,海拔在 1 000~1 200 m 之间。地貌大部分为低中山丘陵地,碳酸盐岩分布区喀斯特发育,面积约为 9 284.30 hm²,

石漠化水平总体处于中轻度水平。研究区靠近省会贵阳,同时也是粮食蔬菜主要供应源地之一,主要农作物有水稻、玉米和油菜等。近年农业劳动力转移现象较普遍,撂荒现象较为明显。

1.2 数据准备

1.2.1 耕地地块数据

提取耕地地块信息需要地物边界清晰的高空间分辨率影像,根据农作物物候特征,冬季耕地边界清晰,比作物生长期影像更容易提取耕地地块,故本文采用 2018 年 12 月 Google Earth 0.5 m 空间分辨率影像和 2013 年 11 月息烽县无人机 0.5 m 空间分辨率影像提取耕地地块。基于面向对象思想对 Google Earth 影像进行分割提取耕地,在 ENVI 5.3 软件中,基于边缘分割方法,建立规则进行特征提取。经对比实验,最佳分割阈值(scale level)为 20、合并阈值(merge level)为 60,绿光波段阈值为 90~160,面积大于 12,长宽比设置为 0.2,光滑度设置为 0.6,最后输出得到耕地地块提取结果及属性表;再结合 2013 年息烽县无人机影像和 30 m 空间分辨率的数字高程模型(digital elevation model, DEM)数据(<http://www.gscloud.cn/>)进行位置和形态的校验和实地验证,提取到息烽县耕地地块数据,本文随机选取息烽县西部地区作为示意(图 1),图中显示部分耕地提取前(图 1(a))和提取后(图 1(b))的地块效果。再以耕地地块为基准,提取撂荒信息。



(a) 研究区 Google Earth B3(R), B2(G), B1(B) 合成影像示例 (b) 耕地地块提取结果

图 1 基于面向对象的耕地地块信息提取结果
Fig. 1 Field parcel extraction based on objected orient technology

1.2.2 时序 NDVI 数据

NDVI 最大值合成法(maximum value composite, MVC)能够很好地针对喀斯特地区多云雨、有效光学影像少的特征开展农作物的监测和田间管理调查工作。其原理是逐像元地比较几张影像,选取最大的 NDVI 值作为合成后图像的 NDVI 值。本文运用

地理计算云平台 Google Earth Engine (<https://code.earthengine.google.com/>) 编程调用 2003—2018 年间每年作物生长期 (3 月 1 日—10 月 31 日) 的 Landsat5, Landsat7 和 Landsat8 派生数据集合计 934 期影像 (表 1), 取年最大 Landsat NDVI 值叠加获取 2003—2018 年共 16 期 NDVI 最大值合成数据。

表 1 2003—2018 年 Landsat 影像数据集
Tab. 1 Dataset for Landsat images between 2003 and 2018 (期)

年度	Landsat5	Landsat7	Landsat8
2003 年	30	30	—
2004 年	30	30	—
2005 年	30	30	—
2006 年	30	30	—
2007 年	30	30	—
2008 年	30	30	—
2009 年	30	30	—
2010 年	30	30	—
2011 年	30	30	—
2012 年	8	30	—
2013 年	—	30	26
2014 年	—	30	30
2015 年	—	30	30
2016 年	—	30	30
2017 年	—	30	30
2018 年	—	30	30

1.2.3 实地验证数据

分别于 2018 年 5 月 1 日—7 日、12 月 16 日—17 日、2019 年 5 月 31 日—6 月 3 日期间进行了地面调查, 共计验证地块 5 974 块, 包括耕地地块 3 618 块, 撂荒耕地地块 2 356 块, 均匀分布在整個研究区域, 包括非喀斯特、潜在石漠化、无明显石漠化、轻度石漠化、中度石漠化等级的耕地^[20-21]。地面调查中对当地村民进行了走访, 获取部分撂荒地资料作为辅助参考。主要验证路线和地块分布详见图 2。

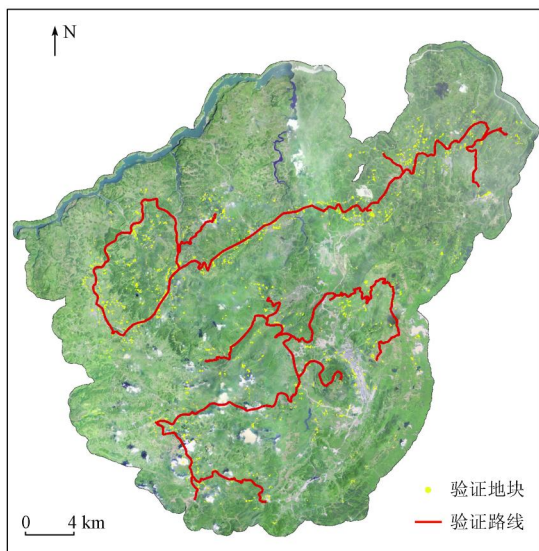


图 2 研究区影像及地面验证主要路线
(底图为 Google Earth 影像)

Fig. 2 Research area image and ground survey track

2 研究理论与方法

2.1 理论基础

由于地理区位和社会经济水平不同, 撂荒地的定义也各不相同。贵州省作为全国唯一没有平原支撑的省份^[22], 耕地资源极其匮乏。本文设定撂荒地 1 a 及以上未耕种的耕地, 撂荒后恢复种植的耕地则为复垦地。

NDVI 被定义为近红外波段与可见光红波段反射率之差与这 2 个波段反射率之和的比值^[23], Landsat NDVI 计算公式为:

$$NDVI = (B5 - B4) / (B5 + B4), \quad (1)$$

式中: $B5$ 和 $B4$ 分别为 Landsat 影像第 5 和第 4 波段的反射率。

撂荒地因种植季节未发生耕作行为在地块上表现为没有作物生长而荒草丛生, 在年际最大合成 NDVI 值上表现出 NDVI 值的突变。利用时间序列 NDVI 特征来表现农作物的生命周期特征, 能够实现定量地反演农作物生长历程, 了解其发生发展的过程, 从而实现撂荒地的识别^[24]。相关学者实地提取耕地的 NDVI 值在 0.3 ~ 0.85 之间^[24], 哨兵 2 号数据分析作物 NDVI 值在 0.480 ~ 0.724 之间^[25]。本文运用趋势面分析 2003—2018 年间耕地地块 NDVI 值的变化, 过滤局域干扰影响, 得到提取农作物的 NDVI 值在 0.43 ~ 0.65 之间, 并用光谱仪实地采集撂荒地光谱数据, 综合验证取趋势面计算出的 NDVI 最小值 0.43 作为判别耕地撂荒与否的临界值, 当耕地地块某年 NDVI 值小于临界值, 则将该地块判断为撂荒。

2.2 研究方法

运用耕地地块叠加息烽县 2003—2018 年时序 NDVI 数据, 通过阈值 ($NDVI < 0.43$) 分割识别耕地单次撂荒、连续撂荒、累计撂荒和复垦的 NDVI 特征曲线, 再叠加石漠化等级数据^[20-21] 识别非喀斯特、无明显石漠化、潜在石漠化、轻度石漠化、中度石漠化等级下的撂荒地 NDVI 特征曲线, 最终提取出息烽县 2003—2018 年间耕地撂荒地地块信息。

3 结果与分析

3.1 撂荒地提取结果

利用阈值分割识别撂荒地 NDVI 曲线变化特征, 提取息烽县 2003—2018 年间撂荒地地块共 248 510 块, 叠加息烽县石漠化等级识别提取石漠化撂荒地 234 878 块, 占息烽县耕地总面积 94.51%,

其中无明显石漠化撂荒地占比 29.40%、潜在石漠化占比 2.44% (表 2)。化占比 32.76%、轻度石漠化占比 29.91%、中度石漠

表 2 息烽县石漠化撂荒地统计

Tab. 2 Statistic of grades of rocky desertification abandoned land in Xifeng County

(块)

年份	非喀斯特	无明显石漠化	潜在石漠化	轻度石漠化	中度石漠化	合计
2003年	162	1 914	1 439	1 169	95	4 779
2004年	306	2 111	2 042	1 710	121	6 290
2005年	583	3 153	7 634	6 020	185	17 575
2006年	1 191	5 146	6 777	5 252	662	19 028
2007年	617	5 176	5 528	4 282	386	15 989
2008年	1 644	9 618	9 252	8 519	793	29 826
2009年	688	4 442	6 067	5 283	354	16 834
2010年	833	7 456	8 860	9 190	834	27 173
2011年	608	3 767	6 063	4 544	291	15 273
2012年	1 738	4 376	5 827	4 949	420	17 310
2013年	529	4 119	4 106	3 877	174	12 805
2014年	134	1 610	1 107	898	65	3 814
2015年	2 166	8 290	7 620	7 216	569	25 861
2016年	927	4 454	3 925	4 614	458	14 378
2017年	667	2 926	1 939	2 819	271	8 622
2018年	839	4 497	3 238	3 981	398	12 953
合计	13 632	73 055	81 424	74 323	6 076	248 510

3.2 典型撂荒 NDVI 特征识别

撂荒行为的发生完全受农户自主选择控制,从统计学角度看,同一块耕地可能发生单年撂荒和连续撂荒的不同随机组合。非撂荒地与非撂荒地的 NDVI 曲线特征区别明显:非撂荒地因农作物生长 NDVI 值较高,年际曲线在较高水平波动,曲线形态较为平缓;撂荒地曲线波动明显,即使在非撂荒年份,其曲线起伏较大,发生撂荒则最低值在临界线以下。图 3 为耕地与单次撂荒地典型 NDVI 特征曲线。

波谷出现,撂荒 1 a 的波谷呈“V”型,连续 2 a、3 a、5 a 撂荒的,波谷底部形态逐渐变宽呈“U”型,而长时间撂荒的 NDVI 曲线在临界线以下呈较低水平波动。

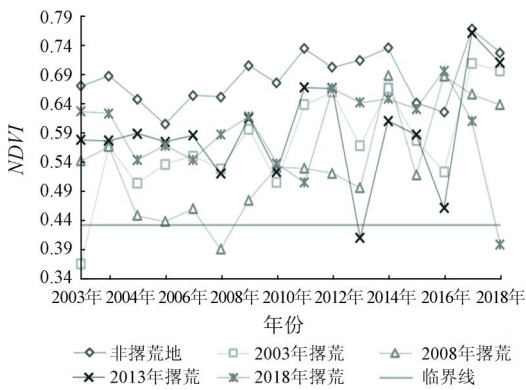


图 3 非撂荒地及单次撂荒地典型 NDVI 特征曲线

Fig. 3 Typical NDVI characteristic curves of cultivated land and abandoned land

根据耕地地块的时序 NDVI 曲线判断耕地发生撂荒、复垦、持续撂荒等现象,以 2008 年为中心选取撂荒 1 a、连续撂荒 2 a、3 a、5 a、10 a、15 a 的典型曲线(图 4),可见发生撂荒的年份 NDVI 曲线有明显

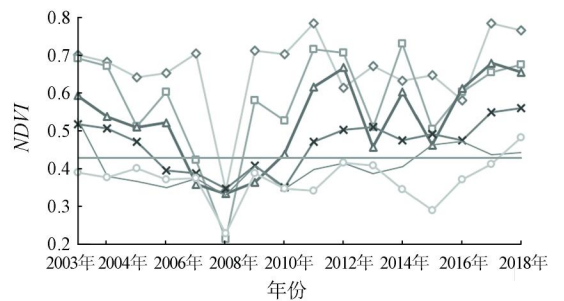
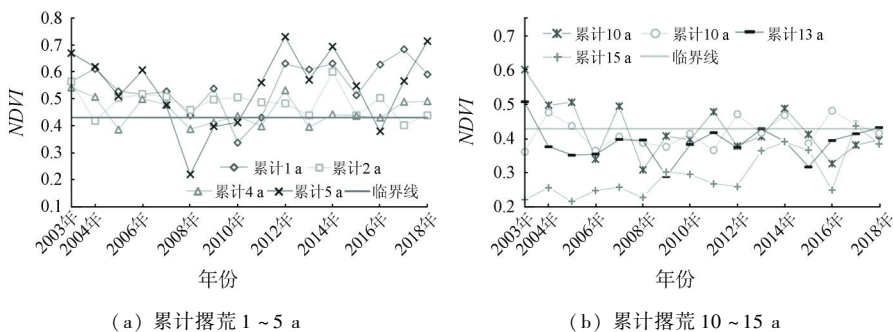


图 4 连续撂荒地的典型 NDVI 特征曲线
Fig. 4 Typical NDVI characteristic curves of continuous abandoned land

与连续撂荒不同,累计撂荒指在同一地块上发生撂荒的次数,包括连续撂荒和不连续撂荒。如图 5 所示,累计 1 a 撂荒可出现在研究时间区间内任何一年,累计 2 a 及以上撂荒的可以是连续撂荒或撂荒间隔可长可短,由此可见累计撂荒的识别机理即记录 NDVI 曲线在临界值下次数,NDVI 曲线形态呈不对称“W”型、“M”型或多个“W”和“M”组合型,曲线变化复杂多样。由上,累计撂荒次数少的 NDVI 曲线平均处于较高水平,曲线突变显著;随着撂荒次数的增加,地块 NDVI 值下降、复垦的曲线突变不显著,复垦后 NDVI 值较连续种植地块 NDVI 值低。



(a) 累计撂荒 1~5 a (b) 累计撂荒 10~15 a
图 5 累计撂荒地的典型 NDVI 特征曲线

Fig. 5 Typical NDVI characteristic curves of multiple abandoned farmland

3.3 石漠化撂荒地特征分析

分析不同石漠化等级下撂荒地的典型 NDVI 曲线特征(图 6),整体曲线水平按石漠化等级由高到低排列,非喀斯特耕地复垦后曲线形态持续走高,撂荒 4 a 后曲线水平均在其他石漠化等级之上,耕地复垦后 NDVI 曲线随石漠化等级增加波动幅度变大,说明石漠化等级高低会影响复垦后作物生长状况。

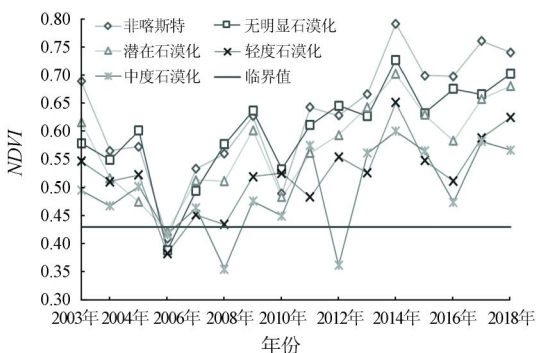


图 6 不同石漠化撂荒地的典型 NDVI 特征曲线
Fig. 6 Typical NDVI characteristic curves of abandoned land of different rocky desertification grades

息烽县撂荒地数量随累计次数呈指数减少(图 7),以撂荒地地块曲线与趋势线交点将撂荒地分为 3 组:累计 1~3 次(A 组)、4~8 次(B 组)、9~15 次撂荒(C 组),再计算各组不同石漠化等级下 NDVI 均值,得到变化曲线(图 8(a)—(c)),总体年度均值曲线如图 8(d)所示。由图 8 可知,A 组各石漠化等级

NDVI 均值曲线形态相似且聚集,在出现波谷和波峰前 3 a 曲线离散,无明显石漠化曲线在较高水平波动,中度石漠化曲线在较低水平波动,在波谷地方 NDVI 值由石漠化等级从高到低排列。B 组各石漠化等级 NDVI 均值曲线整体水平较累计 1~3 次的曲线水平低,波谷和波峰前后同样出现曲线离散,离散年限较 A 组长,离散程度较深。C 组各石漠化等级 NDVI 均值曲线整体水平较 A 组和 B 组更低,曲线最大值出现于 2003 年,仅有 2003 年、2004 年和 2014 年在临界线以上,并且在这几年曲线出现聚集,其他年份曲线较离散,其中中度石漠化的波动较大,离散程度高。总体看来 3 组数据与总体均值曲线(图 8(d))变化形态相似,A 组、B 组出现单年撂荒典型“V”型曲线,C 组出现不对称“W”型、“U”型曲线组合。

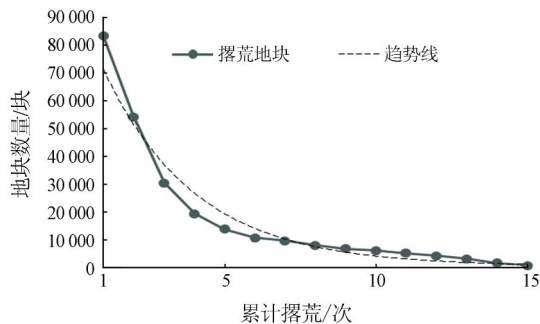
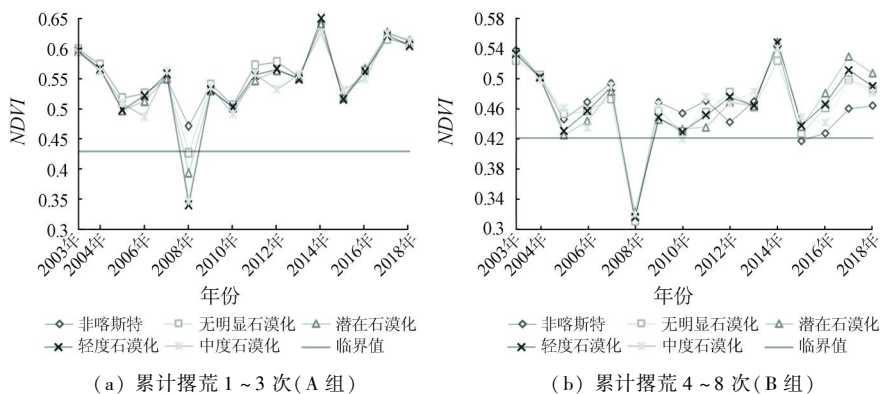


图 7 息烽县累计撂荒地数量趋势
Fig. 7 Number trend of multiple abandoned land in Xifeng County



(a) 累计撂荒 1~3 次(A 组) (b) 累计撂荒 4~8 次(B 组)
图 8-1 不同石漠化等级撂荒地 NDVI 均值变化趋势

Fig. 8-1 Variation trend of NDVI mean value of abandoned land under different rocky desertification grades

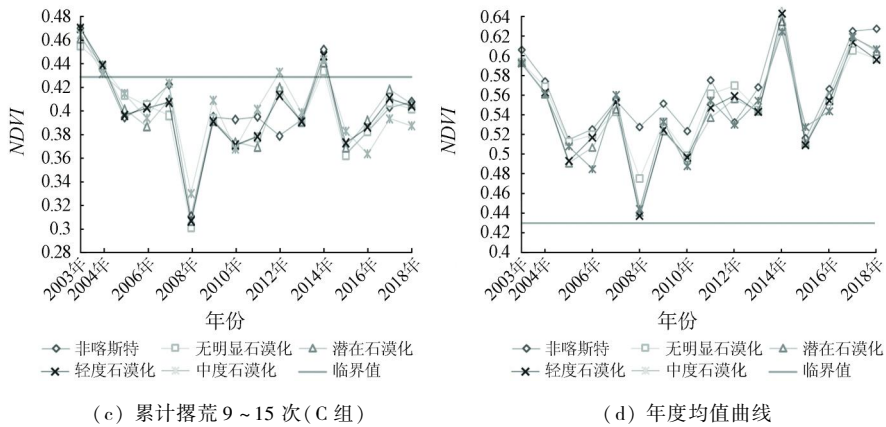


图 8-2 不同石漠化等级撂荒地 NDVI 均值变化趋势

Fig. 8-2 Variation trend of NDVI mean value of abandoned land under different rocky desertification grades

由上可见,累计撂荒次数少的 NDVI 曲线平均处于较高水平,随着撂荒次数的增加地块 NDVI 均值下降,各石漠化等级曲线离散程度加深,撂荒次数与地块 NDVI 值呈反相关关系、与 NDVI 曲线离散程度呈正相关关系,石漠化等级与曲线波动程度呈正相关关系。

3.4 精度验证

精度验证分 2 部分:耕地地块提取精度和撂荒

地识别提取精度。基于面向对象分割,经无人机影像人机交互校验修改形态、实地验证修改后,耕地地块提取精度为 95.56%。撂荒地提取精度验证由于研究时间跨度较大,无法实地获取较早期的撂荒地信息,因此利用 2013 年无人机影像和 2018 年 Google Earth 影像以及 2018—2019 年间的 3 次实地验证对撂荒地的精度进行验证,平均验证精度达到 90.7% (表 3)。

表 3 息烽县撂荒地提取精度评价表

Tab. 3 Statistic table of the precision of abandoned land in Xifeng County

验证方式	地块数量/块	撂荒地/块	其他种植结构/块	验证精度/%	平均精度/%
2013 年无人机影像	12 805	11 012	1 793	86.00	90.70
2018 年 Google Earth 影像	12 953	12 176	417	94.00	
2018 年实地验证	3 618	3 271	347	90.41	
2019 年实地验证	2 356	2 177	179	92.40	
合计	31 732	28 636	2 736	—	

4 结论与讨论

4.1 结论

本文通过高空间分辨率影像提取耕地地块,校验并实地验证后精度达 95.56%,再基于中分辨率时序 NDVI 集合识别 2003—2018 年间的撂荒地变化,实地验证 2018 年撂荒地识别精度为 90.7%,证明地块和时序 NDVI 组合能够精准地识别提取撂荒地,该方法对于光学数据缺乏的和耕地破碎的多云雨山区有很好的适用效果。

运用趋势面和已有实地光谱实验综合得出判断撂荒阈值,提取撂荒地年际 NDVI 典型曲线变化特征发现,耕地撂荒 NDVI 曲线变化特征表现为发生撂荒年 NDVI 值突降到阈值以下,复垦变化特征表现为 NDVI 值从阈值以下骤增到阈值以上,在曲线形态上表现为“V”型特征;连续撂荒特征表现为 NDVI 曲线连续几年均在阈值以下

波动,曲线形态呈“U”型特征,并且谷底随持续时间增加扩大;累计撂荒特征表现为不连续的某几年 NDVI 值在阈值以下,NDVI 曲线形态呈不对称“W”型、“M”型或“W”和“M”组合型,曲线变化复杂多样。

非喀斯特与喀斯特撂荒地 NDVI 曲线特征有一定差异,非喀斯特撂荒地 NDVI 值总体比喀斯特撂荒地高,而且在复垦后曲线持续升高;不同石漠化等级中,轻度和中度石漠化撂荒地的 NDVI 曲线水平较其他等级低,复垦后 NDVI 曲线随石漠化等级增加离散程度和波动幅度变大。

实地调查非喀斯特与喀斯特撂荒地的差异原因,一是研究区内耕地较少,但种植条件好,撂荒数量水平低于喀斯特地区,作物普遍长势好于石漠化耕地的作物长势;二是石漠化耕地撂荒更容易产生水土流失,潜在和无明显石漠化耕地土层变薄、等级高的石漠化耕地基岩裸露率进一步扩大导致 NDVI 值的降低。

4.2 讨论

研究中发现每年由于土地利用变化导致耕地地块数量和面积有增有减,减少的耕地主要由于城市建设占用,增加的耕地主要由灌木和草地开垦而来,但耕地的流入和流出占总体占比较小,可忽略不计。用几期数据进行校对,在各年地块数据基础上进行撂荒地的识别和提取,可进一步提高耕地地块和撂荒地识别精度。

撂荒地识别误差主要分2类:未识别或判断有误。实地调查发现产生未识别或判断错误的原因主要为:一部分耕地撂荒后杂草迅速猛长,在年际NDVI曲线上未体现出突变特征,从而未被识别;一部分是提取出来的撂荒地,在之后几年杂草生长旺盛,NDVI曲线出现复垦特征并且表现为持续耕种状态,导致此类本应为持续撂荒的地块未能很好地识别出来;另外一部分提取出来的撂荒地实际为耕地改种树苗或果苗,当年栽种苗稀疏矮小、土地大面积裸露,NDVI曲线显示了撂荒特征,之后树苗长大才体现作物特性,NDVI曲线显示为复垦并持续耕种。这3种情况产生的误差通过年际NDVI通常不易剔除,需要结合物候特征进一步分类提取。

石漠化等级划分目前常用的分类标准适用于较大范围区域,针对小尺度的耕地精度不高。在实地调研过程中发现常有耕地内大面积岩石裸露但综合大范围环境下划分为潜在石漠化甚至无明显石漠化。应针对耕地进行裸露基岩提取,细化石漠化耕地等级划分,为指导耕地生产提供更为可靠的依据。

参考文献(References):

[1] Meyfroidt P, Lambin E F. Global forest transition prospects for an end to deforestation[J]. *The Annual Review of Environment and Resources*, 2011, 36: 343 - 371.

[2] 陈欣怡, 郑国全. 国内外耕地撂荒研究进展[J]. *中国人口·资源与环境*, 2018, 28(s2): 37 - 41.

Chen X Y, Zheng G Q. Research progress on arable land abandonment in China and abroad[J]. *China Population, Resources and Environment*, 2018, 28(s2): 37 - 41.

[3] 李升发, 李秀彬. 耕地撂荒研究进展与展望[J]. *地理学报*, 2016, 71(3): 370 - 389.

Li S F, Li X B. Progress and prospect on farmland abandonment[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(3): 370 - 389.

[4] Yusoff N M, Muharam F M, Khairunniza - Bejo S. Towards the use of remote - sensing data for monitoring of abandoned oil palm lands in Malaysia: A semi - automatic approach[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2017, 38(2): 432 - 449.

[5] 史铁丑, 徐晓红. 重庆市典型县撂荒地地图斑的提取与验证[J]. *农业工程学报*, 2016, 32(24): 261 - 267.

Shi T C, Xu X H. Extraction and validation of abandoned farmland parcel in typical counties of Chongqing[J]. *Transactions of the*

Chinese Society of Agricultural Engineering, 2016, 32(24): 261 - 267.

[6] Baumann M, Kuemmerle T, Elbakidze M, et al. Patterns and drivers of post - socialist farmland abandonment in western Ukraine[J]. *Land Use Policy*, 2011, 28(3): 552 - 562.

[7] Estel S, Kuemmerle T, Alcántara C, et al. Mapping farmland abandonment and recultivation across Europe using MODIS NDVI time series[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2015, 163: 312 - 325.

[8] 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.

Xiao G F, Zhu X F, Hou C Y, et al. Extraction and analysis of abandoned farmland: A case study of Qingyun and Wudi Counties in Shandong Province[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(9): 1658 - 1673.

[9] 马尚杰, 裴志远, 王飞, 等. 基于GF-1影像的沿淮地区冬季耕地撂荒遥感调查应用[J]. *农业工程学报*, 2019, 35(1): 227 - 233.

Ma S J, Pei Z Y, Wang F, et al. Application on remote sensing survey of abandoned farmlands in winter along the Huaihe River based on GF - 1 image[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2019, 35(1): 227 - 233.

[10] 李阳兵, 罗光杰, 黄娟. 茂兰喀斯特自然保护区撂荒地时空演变、机制及其植被恢复[J]. *中国岩溶*, 2017, 36(4): 447 - 453.

Li Y B, Luo G J, Huang J. Spatial - temporal evolution, mechanism and vegetation restoration of abandoned farmland in the Maolan National Nature Reserve[J]. *Carsologica Sinica*, 2017, 36(4): 447 - 453.

[11] Wardlow B D, Egbert S L, Kastens J H. Analysis of time - series MODIS 250 m vegetation index data for crop classification in the U. S. central Great Plains[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2007, 108(3): 290 - 310.

[12] 王磊, 王贺, 卢艳丽, 等. NDVI在农作物监测中的研究与应用[J]. *中国农业资源与区划*, 2013, 34(4): 43 - 50.

Wang L, Wang H, Lu Y L, et al. The research and application of NDVI in crop monitoring[J]. *Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning*, 2013, 34(4): 43 - 50.

[13] 郭昱杉, 刘庆生, 刘高焕, 等. 基于MODIS时序NDVI主要农作物种植信息提取研究[J]. *自然资源学报*, 2017, 32(10): 1808 - 1818.

Guo Y S, Liu Q S, Liu G H, et al. Extraction of main crops in Yellow River delta based on MODIS NDVI time series[J]. *Journal of Natural Resources*, 2017, 32(10): 1808 - 1818.

[14] 许青云, 杨贵军, 龙慧灵, 等. 基于MODIS NDVI多年时序数据的农作物种植识别[J]. *农业工程学报*, 2014, 30(11): 134 - 144.

Xu Q Y, Yang G J, Long H L, et al. Crop information identification based on MODIS NDVI time - series data[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2014, 30(11): 134 - 144.

[15] 程维芳. 南方撂荒地遥感调查方法研究[D]. 北京: 中国科学院大学, 2011.

Cheng W F. Study on remote sensing survey methods of wasteland in southern China[D]. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences, 2011.

- [16] Qiu B, Luo Y, Tang Z, et al. Winter wheat mapping combining variations before and after estimated heading dates [J]. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 2017, 123: 35–46.
- [17] 朱长明, 骆剑承, 沈占锋, 等. 基于地块特征基元与多时相遥感数据的冬小麦播种面积快速提取[J]. *农业工程学报*, 2011, 27(9): 94–99.
- Zhu C M, Luo J C, Shen Z F, et al. Winter wheat planting area extraction using multi-temporal remote sensing data based on field parcel characteristic [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2011, 27(9): 94–99.
- [18] 邓刘洋, 沈占锋, 柯映明, 等. 基于地块尺度多时相遥感影像的冬小麦种植面积提取[J]. *农业工程学报*, 2018, 34(21): 157–164.
- Deng L Y, Shen Z F, Ke Y M, et al. Winter wheat planting area extraction using multi-temporal remote sensing images based on field parcel [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2018, 34(21): 157–164.
- [19] 苏维词. 贵州喀斯特山区的土壤侵蚀性退化及其防治[J]. *中国岩溶*, 2001(3): 51–57.
- Su W C. Soil erosive deterioration and its control in karst mountainous regions of Guizhou Province [J]. *Carsologica Sinica*, 2001(3): 51–57.
- [20] 李瑞玲, 王世杰, 熊康宁, 等. 贵州省岩溶地区坡度与土地石漠化空间相关分析[J]. *水土保持通报*, 2006(4): 82–86.
- Li R L, Wang S J, Xiong K N, et al. Correlation between rocky desertification and slope degree in Karst area of Guizhou [J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2006(4): 82–86.
- [21] 贵州省发展和改革委员会, 贵州省科技厅, 贵州师范大学. 贵州省喀斯特石漠化综合防治图集(2006—2050) [M]. 贵阳: 贵州人民出版社, 2007.
- Guizhou Development and Reform Commission, Guizhou Science and Technology Department, Guizhou Normal University. Atlas of comprehensive control of karst rocky desertification in Guizhou Province (2006—2050) [M]. Guiyang: Guizhou People's Publishing House, 2007.
- [22] 周忠发, 闫利会, 陈全, 等. 人为干预下喀斯特石漠化演变机制与调控 [M]. 北京: 科学出版社, 2016.
- Zhou Z F, Yan L H, Chen Q, et al. Evolution mechanism and regulation of karst rocky desertification under human intervention [M]. Beijing: Science Press, 2016.
- [23] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法 [M]. 北京: 科学出版社
- Zhao Y S. Theory and method of remote sensing application and analysis [M]. Beijing: Science Press, 2003.
- [24] 程维芳, 周艺, 王世新, 等. 基于多光谱遥感的撂荒地识别方法研究 [J]. *光谱学与光谱分析*, 2011, 31(6): 1615–1620.
- Cheng W F, Zhou Y, Wang S X, et al. Study on the method of recognizing abandoned farmlands based on multispectral remote sensing [J]. *Spectroscopy and Spectral Analysis*, 2011, 31(6): 1615–1620.
- [25] 王利军, 郭燕, 贺佳, 等. 基于决策树和SVM的Sentinel-2A影像作物提取方法 [J]. *农业机械学报*, 2018, 49(9): 146–153.
- Wang L J, Guo Y, He J, et al. Classification method by fusion of decision tree and SVM based on Sentinel-2A image [J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2018, 49(9): 146–153.

Accurate recognition and extraction of karst abandoned land features based on cultivated land parcels and time series NDVI

WANG Lingyu¹, CHEN Quan¹, WU Yue¹, ZHOU Zhongfa^{1,2}, DAN Yusheng¹

(1. School of Karst Science, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China; 2. School of Geography and Environmental Sciences, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China)

Abstract: The abandoned land has been spread all over the world and has become an important research direction for land use. Due to the lack of optical remote sensing images and serious mixed pixels in Karst rocky desertification land, it is difficult to accurately identify and extract the abandoned land. Based on short-term high precision image and long temporal resolution data features, taking Xifeng County in Guizhou Province as an example, using the high precision image accurately, and aided by maximum value composite (MVC) method, the authors calculated Landsat data for 2003—2018 time-series NDVI data, identified characteristics of abandoned land NDVI, and analyzed the relationship between the abandoned land and karst rocky desertification. The results are as follows: ①The combination of land parcels and time series NDVI can accurately identify and extract abandoned land, with an accuracy of 90.7% under the condition of 95.56% of cultivated land extraction. This method has a good application effect in cloudy and rainy mountains areas where optical remote sensing data are lacking and cultivated land is broken. ②The curve shape of the NDVI of the abandoned land is of “V” type, the continuous abandonment of arable land curve shape is of “U” type, and the cumulative NDVI curve shape is of asymmetric “W”, “M” or several combinations. ③The overall level of NDVI in non-karst abandoned lands is higher than that in rocky desertification abandoned lands. The level of rocky desertification is inversely proportional to the

overall level of the curve and positively correlated with the degree of curve fluctuation . The number of abandoned lands is inversely proportional to the value of NDVI of the plot and positively correlated with the degree of dispersion of the NDVI curve. The results provide an efficient and feasible method for accurate identification and extraction of uninhabited land in karst cloudy and rainy mountain areas .

Keywords: Karst; rocky desertification of cultivated land; abandoned land; time series analysis; cultivated land parcels

(责任编辑: 张 仙)

下期要目

- 刘尚旺 基于 Unet 网络多任务学习的遥感图像建筑地物语义分割
苏 伟 基于无人机影像的小麦植株密度估算方法研究
刘 钊 基于 PSPNet 的遥感影像城市建成区提取及其优化方法
郑智腾 改进型双支网络模型的遥感海水网箱养殖区智能提取方法
蔡耀通 基于多源遥感数据的 CNN 水稻提取研究
彭晓伟 高光谱成像技术在作物种子方面的应用
姚 昆 雅砻江中上游流域生态环境脆弱性动态评价及预测
谷艳春 工业热异常环境效应分析
王小龙 利用 SVM 分类 Landsat 影像的朝鲜主要城市扩张时空特征分析
于海若 新水情下利用 InSAR - GRACE 卫星的新兴风险预警与城市地下空间安全展望
孙 珂 融合超像元与峰值密度特征的遥感影像分类
李天祺 基于多算法水边线提取的潮滩 DEM 构建
裴 婵 面向遥感目标检测的多尺度架构搜索方法
王 琳 基于 Landsat8 的含蓝藻湖泊水体信息提取方法研究