

# 基于 AHP - CRITIC - TOPSIS 的撂荒耕地复耕适宜性评价

姜海玲 冯馨慧 张舒涵 于海淋 张竞以

(吉林师范大学地理科学与旅游学院, 四平 136000)

**摘要:** 为探析撂荒耕地复耕适宜性,以提高耕地利用率,本文以吉林省梨树县为研究区,基于谷歌地球引擎平台和梨树县 2022 年 Sentinel-2 影像数据,通过计算光谱特征、植被特征、纹理特征、地形特征等共 46 个特征,运用随机森林算法构建最优特征集,最终筛选 39 个特征参与分类,得出撂荒耕地范围。采用 AHP - CRITIC - TOPSIS 模型,分别从自然、土壤、社会经济条件 3 个维度构建撂荒耕地复耕适宜性评价模型,并将适宜程度划分为高度适宜、中度适宜、勉强适宜和不适宜 4 个等级,从而提出撂荒耕地复耕可行性方案。研究表明,2022 年梨树县土地利用类型分类结果精度较高,总体分类精度以及 Kappa 系数均在 95% 以上,表明分类结果与实际地类一致程度高,整体分类效果好。梨树县撂荒耕地中不适宜复耕的撂荒耕地面积为 1 673.73 hm<sup>2</sup>,主要位于研究区东南部地区;高度适宜复耕撂荒耕地面积为 1 071.67 hm<sup>2</sup>,主要位于研究区西北部海拔较低的平原地区。目前国家耕地保护政策的落实对农村耕地利用情况确有改善,但农村耕地抛荒、利用效率低等问题依旧突出,研究结果可为梨树县以及周边地区提高耕地质量、保证粮食安全提供科学依据。

**关键词:** 撂荒耕地; AHP - CRITIC - TOPSIS; 复耕适宜性; 评价

中图分类号: F301.21

文献标识码: A

文章编号: 1000-1298(2025)12-0417-08

OSID:



## Evaluation of Suitability of Abandoned Cultivated Land for Recultivation Based on AHP - CRITIC - TOPSIS

JIANG Hailing FENG Xinhui ZHANG Shuhan YU Hailin ZHANG Jingyi

(College of Geography and Tourism, Jilin Normal University, Siping 136000, China)

**Abstract:** In order to explore the suitability of abandoned cultivated land for recultivation and improve the utilization rate of cultivated land, taking Lishu County, Jilin Province as the study area, firstly based on the Google Earth Engine platform and the 2022 Sentinel-2 image data of Lishu County, a total of 46 features such as spectral features, vegetation features, texture features, and terrain features were calculated, and random forest algorithm was used to construct the optimal feature set, and finally 39 features were screened to participate in the classification, so as to obtain the scope of abandoned cultivated land. Then the AHP - CRITIC - TOPSIS model was used to construct an evaluation model of the suitability of abandoned cultivated land for recultivation from three dimensions: natural, soil and socio-economic conditions, and the suitability was divided into four grades: highly suitable, moderately suitable, barely suitable and unsuitable, so as to put forward a feasible scheme for the rehabilitation of abandoned cultivated land. The results showed that the accuracy of the classification results of land use types in Lishu County in 2022 was relatively accurate, and the overall classification accuracy and Kappa coefficient were above 95%, indicating that the classification results were consistent with the actual land types and the overall classification effect was good. The area of abandoned cultivated land not suitable for recultivation in Lishu County was 1 673.73 hm<sup>2</sup>, which was mainly located in the southeast of the study area, and the area of abandoned cultivated land suitable for recultivation was 1 071.67 hm<sup>2</sup>, which was mainly located in the low-altitude plain area in the northwest of the study area. At present, the implementation of the national cultivated land protection policy indeed improved the use of cultivated land

收稿日期: 2024-08-30 修回日期: 2024-11-19

基金项目: 吉林省科技发展计划项目(20240701167FG)、国家自然科学基金青年基金项目(41701424)和吉林省教育厅科学技术研究项目(JJKH20230502KJ)

作者简介: 姜海玲(1986—),女,副教授,博士,主要从事高光谱遥感基础理论及应用研究,E-mail: jianghl1107@163.com

in rural areas, but the problems of abandonment and low utilization efficiency of rural cultivated land were still prominent, and the results can provide a scientific basis for improving the quality of cultivated land and ensuring food security in Lishu County and surrounding areas.

**Key words:** abandonment of cultivated land; AHP - CRITIC - TOPSIS; evaluation of the suitability; recultivation

## 0 引言

耕地作为粮食生产基础资源,也是保障粮食安全、维护社会经济稳定的基础和保障<sup>[1]</sup>。近年来,党中央、国务院高度重视耕地保护问题,提出要扎紧耕地保护的“篱笆”,守住 18 亿亩耕地红线,但部分地区耕地“非粮化”“非农化”现象依旧突出<sup>[2-3]</sup>。我国耕地撂荒现象主要出现于 20 世纪 80 年代中后期,土地抛荒现象成因为:随着我国经济高速发展,非农就业机会增多,大量农村劳动力向城镇转移,导致农业有效劳动力投入不足,进而影响耕地利用<sup>[4]</sup>。由于耕地细碎化,分散的耕地资源增加农业生产成本、降低农业产出,导致农民更倾向于从事经济收益更高的非农生产活动<sup>[5-6]</sup>。

耕地等农业生产资源减少会严重影响区域粮食产量<sup>[7-8]</sup>,2021 年吉林省人民政府办公厅印发《吉林省坚决制止耕地“非农化”行为防止耕地“非粮化”稳定粮食生产工作方案》,指出为全面落实党中央、国务院决策部署,坚决制止耕地“非农化”行为、防止耕地“非粮化”,采取“长牙齿”的硬措施,落实最严格的耕地保护制度,切实稳定粮食生产,严防死守耕地红线和国家粮食安全生命线,坚决扛起耕地保护和粮食安全的政治责任。因此,探索撂荒耕地复耕适宜性,对于维持耕地资源可持续利用具有重要意义。

耕地撂荒现象最早出现在 20 世纪初的欧洲<sup>[9]</sup>,发生区域主要是西欧山区、广阔的草原以及东欧土壤贫瘠、难开发的区域。HE 等<sup>[10]</sup>利用 Landsat 时间序列的时空片段来检测耕地撂荒的程度和具体时间。WU 等<sup>[11]</sup>利用随机森林分类法生成时序农田概率数据集,再采用 LandTrendr 算法提取时间序列耕地概率数据集。20 世纪中后期,我国开始出现耕地撂荒现象,学者们对此进行了探究。徐中春等<sup>[12]</sup>借助 CiteSpace 软件对我国耕地撂荒进行定量分析。秦小敏等<sup>[13]</sup>应用决策树分类法提取了凉山州孙水河流域的撂荒地分布数据。肖文菊等<sup>[14]</sup>利用 Sentinel-2 数据构建归一化植被指数时序曲线,基于振幅差异以及最佳振幅分割阈值选取,构建撂荒地识别规则。目前国内学者们大多针对不同尺度耕地撂荒进行研究,而缺少针对撂荒耕地分布特征研

究以及改善措施。综合我国农业大国基本国情,需要充分落实耕地利用优先序,该复耕要限期恢复耕种,坚持分类处置,化解存量,有序推进撂荒耕地恢复耕种。

从国内外研究现状来看,现有的主要评价方法有熵权法<sup>[15]</sup>、层次分析法<sup>[16]</sup>、模糊综合评价法<sup>[17]</sup>、客观赋权法<sup>[18]</sup>、灰色预测模型<sup>[19]</sup>等。这些方法主观性强,使得综合评价结果存在一定偏差,不够精确。为解决上述不足,本文以吉林省梨树县为研究区,基于谷歌地球引擎(Google Earth Engine, GEE)平台的 Sentinel-2 影像,通过随机森林算法<sup>[20]</sup>进行特征优选,最终提取撂荒耕地空间分布范围。综合考虑自然条件、土壤条件和社会经济条件,基于 AHP 法(Analytic hierarchy process)和 CRITIC 法(Criteria importance though intercriteria correlation)确定综合权重,最后引入 TOPSIS 法(Technique for order preference by similarity to an ideal solution)构建撂荒耕地复耕适宜性评价模型。划分撂荒耕地复耕适宜性等级,揭示其复耕适宜性,以期为耕地可持续发展提供科学依据。

## 1 研究区概况

梨树县,隶属于吉林省四平市,地处松辽平原腹地,属于北温带半湿润大陆季风性气候,四季分明,雨热同季,作物生长期日照、降水较充足。东、北两面有蜿蜒的东辽河环绕,西、南有条子河、招苏台河、兴开河、叶赫河,这使得梨树县境内拥有充足的水资源,耕地得以高效利用。地势南高北低,东南部有大黑山余脉斜贯,北部为低洼平原,中部是波状台地,梨树县沃壤无垠,土质肥沃,水源充足,宜于耕作。梨树县研究区位置示意图如图 1 所示。

## 2 材料与方法

### 2.1 数据来源

本文所有指标数据来源为:pH 值、有机质含量、土壤质地数据源自国家青藏高原科学数据中心(<https://data.tpdc.ac.cn/>);人口数据来源于第七次人口普查数据;水系及道路数据来源于 OSM 网站(<https://www.openstreetmap.org/>);数字高程(Digital elevation model, DEM)数据来源于地理空间



为 0.027, 对应随机一致性 RI 表查询到 RI 值为 0.52。因此  $CR = CI/RI = 0.052 < 0.1$ , 通过一致性检验, 表明权重无逻辑性错误。

## (2) CRITIC 分析法

CRITIC 法是一种比熵权法和标准离差法更好的客观赋权法, 该方法通过标准差和相关系数来反映样本离散性和因子间冲突性, 标准差越大说明离散程度越大, 因子权重也就越大; 相关系数越大说明因子间冲突性越强, 其权重也就越小<sup>[23]</sup>, 如表 3 所示。

表 3 梨树县撂荒地复耕适宜性评价指标综合权重  
Tab.3 Comprehensive weight value of evaluation index of suitability of abandoned cultivated land for reclamation in Lishu County

准则层		指标层		综合权重
条件	准则权重	指标	指标权重	
自然条件 A	0.52	坡度 A <sub>1</sub>	0.11	0.19
		坡向 A <sub>2</sub>	0.11	0.19
土壤条件 B	0.14	pH 值 B <sub>1</sub>	0.13	0.06
		有机质含量 B <sub>2</sub>	0.09	0.04
		图斑面积 B <sub>3</sub>	0.11	0.05
		土壤质地 B <sub>4</sub>	0.08	0.04
社会经济条件 C	0.34	与道路距离 C <sub>1</sub>	0.09	0.10
		与水源距离 C <sub>2</sub>	0.12	0.14
		与居民点距离 C <sub>3</sub>	0.07	0.09
		人口数 C <sub>4</sub>	0.09	0.10

在 AHP 法与 CRITIC 法的基础上确定综合权重, 综合权重计算式为

$$W_i = \frac{W_{\text{AHP}} W_{\text{CRITIC}}}{\sum_{i=1}^n W_{\text{AHP}} W_{\text{CRITIC}}} \quad (3)$$

式中  $W_i$ ——第  $i$  个评价对象综合权重

$W_{\text{AHP}}$ ——基于 AHP 法确定的准则层权重

$W_{\text{CRITIC}}$ ——基于 CRITIC 法确定的指标层权重

综合权重结果表明, 坡度、坡向 2 项指标综合权重较大, 这 2 项指标均由自然条件决定, 很难受人为因素影响, 因此指标权重较大。可见自然条件是影响梨树县撂荒地复耕的根本原因。

## 2.3.4 TOPSIS 法

TOPSIS 法能够避免主观性因素影响, 方便灵活构建多指标的综合分析应用<sup>[24]</sup>。分维度评价撂荒地复耕适宜性, 剖析各指标单元的有效性, TOPSIS 法能充分挖掘数据信息, 通过检测评价单元与多特性最优解集和最劣解集间的相对贴合程度, 进行优劣排序和评价<sup>[25]</sup>。评价对象到正理想解和负理想解距离计算式为

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (z_{ij} - z_j^+)^2} \quad (4)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (z_{ij} - z_j^-)^2} \quad (5)$$

式中  $D_i^+$ ——第  $i$  个评价对象与正理想解距离

$D_i^-$ ——第  $i$  个评价对象与负理想解距离

$z_j^+$ ——正理想解

$z_j^-$ ——负理想解

$z_{ij}$ ——标准化值

评价对象的相对接近度计算式为

$$T = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad (6)$$

式中  $T$ ——第  $i$  个评价对象的相对接近度

$T$  越大表明该评价单元离理想解越接近, 即  $T$  越大评价单元质量越高。

## 3 结果与分析

### 3.1 特征优选及分类结果

通过对特征重要性进行排序, 发现特征重要性在 92 处显著下降, 因此选择重要性高于 92 的特征, 排除重要性较低的特征因子。经过筛选, 共选取 39 个特征参与分类。运用随机森林分类法得到 2022 年梨树县土地利用结果 (图 2), 识别到梨树县耕地总面积为 260 357.44 hm<sup>2</sup>, 其中有作物耕地面积为 252 745.65 hm<sup>2</sup>, 撂荒地面积为 7 611.79 hm<sup>2</sup>, 撂荒地占比为 2.9%。对提取结果进行验证, 在 GEE 中采用 withRandom 函数, 选用 80% 样本训练, 20% 样本验证, 最终得出分类总体精度和 Kappa 系数均高于 95%, 提取效果较为准确。为进一步验证和评价分类精度, 将分类提取到的耕地总面积和有作物耕地面积与政府文件中数据进行对比。得出梨树县现有耕地面积为 262 600 hm<sup>2</sup>, 与耕地总面积提取结果相比, 其相对误差为 0.85%; 2022 年梨树县播种面积为 248 093.33 hm<sup>2</sup>, 与有作物耕地面积相比, 误差为 1.9%。可见土地利用分类结果精度较高, 可为后续结果提供理论支撑。

### 3.2 撂荒地再利用适宜性综合评价

#### 3.2.1 自然适宜性评价

在自然条件下不适宜复耕的撂荒地面积为 430.56 hm<sup>2</sup>, 占撂荒地总面积的 5.7%, 主要分布在孟家岭镇及蔡家镇西部, 不适宜复耕地区主要受坡度等条件制约, 较难开发, 这些撂荒地再利用的可能性很小; 勉强适宜区面积为 2 034.63 hm<sup>2</sup>, 占比 26.7%; 中度适宜区面积为 1 784.97 hm<sup>2</sup>, 占比为 23.5%; 高度适宜区面积为 3 361.63 hm<sup>2</sup>, 占比最大为 44.1%。自然条件下评价等级较高的撂荒地

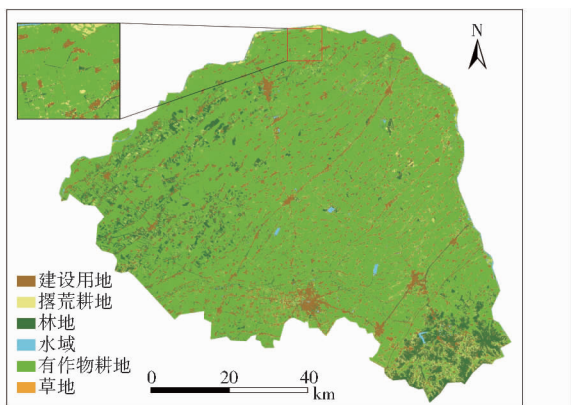


图 2 2022 年梨树县土地利用分类结果

Fig. 2 Land use classification results in Lishu County in 2022

主要分布在孤家子镇、十家堡镇、梨树镇以及小宽镇中部,这部分区域交通便利,土壤条件好,且地势开阔,周围村庄人口密集。若按照高度适宜和适度适宜的撂荒耕地能够实现再利用,则在自然条件下能够实现复垦的撂荒耕地面积为 5 146.6  $\text{hm}^2$ ,占撂荒耕地总面积的 67.6%,这些耕地可再利用的可能性较高,如图 3 所示。

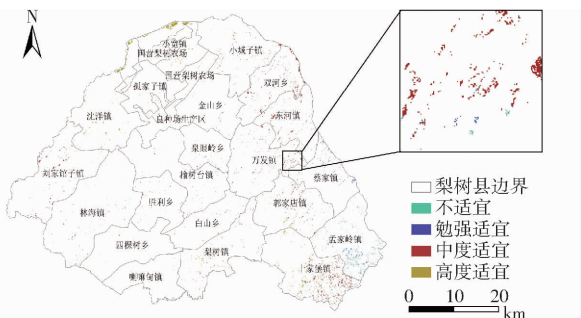


图 3 撂荒耕地复耕自然适宜性分区

Fig. 3 Zoning of natural suitability for recultivation of abandoned cultivated land

### 3.2.2 土壤适宜性评价

在土壤条件下不适宜复耕的撂荒耕地面积为 2 246.75  $\text{hm}^2$ ,占撂荒耕地总面积的 29.5%,集中分布在小宽镇、十家堡镇以及蔡家镇中部,不适宜地区主要限制因素为撂荒耕地图斑面积以及土壤有机质含量;勉强适宜区面积为 1 583.85  $\text{hm}^2$ ,占比 20.8%;中度适宜区面积为 2 820.24  $\text{hm}^2$ ,占比 37.1%;高度适宜区面积为 960.95  $\text{hm}^2$ ,占比 12.6%,主要分布在林海镇、榆树台镇中部、万发镇北部、双河乡南部以及梨树镇中部,这些区域土壤条件较好且交通便利,紧邻村庄可以将土地有效利用起来,如图 4 所示。

### 3.2.3 社会经济适宜性评价

在社会经济条件下不适宜复耕的撂荒耕地面积为 1 973.25  $\text{hm}^2$ ,占撂荒耕地总面积的 25.9%,主要呈线性分布在研究区中部以及西部;勉强适宜区面

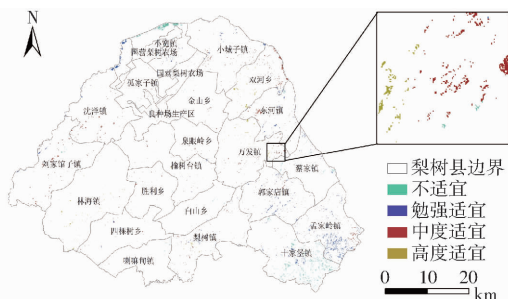


图 4 撂荒耕地复耕土壤适宜性分区

Fig. 4 Zoning of soil suitability for recultivation of abandoned cultivated land

积为 3 324.42  $\text{hm}^2$ ,占比 43.7%;中度适宜区面积为 1 495.35  $\text{hm}^2$ ,占比 19.6%,主要围绕勉强适宜撂荒耕地分布;高度适宜区面积为 818.77  $\text{hm}^2$ ,占比 10.8%,部分村庄的撂荒地,虽属于自然条件下高度适宜区,但在社会经济条件下属于不适宜开发区,如小宽镇中部撂荒耕地,由此可见社会经济条件是制约耕地撂荒的直接原因,如图 5 所示。

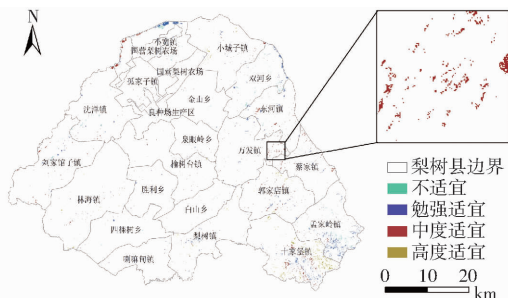


图 5 撂荒耕地复耕社会经济适宜性分区

Fig. 5 Zoning of socio-economic suitability of abandoned cultivated land for recultivation

### 3.2.4 综合适宜性评价

研究区撂荒耕地总地块为 3 717 块,其中面积大于 0.5  $\text{hm}^2$  的地块共 2 788 块,占总地块的 75%,呈聚集分布趋势;面积界于 0 ~ 0.5  $\text{hm}^2$  的地块共 929 块,占总地块的 25%,呈分散分布趋势。从空间分布上看,撂荒耕地在小宽镇、孟家岭镇以及十家堡镇呈聚集分布特征;通过对指标综合权重进行加权总和,得出综合适宜性得分介于 2.64 ~ 8.55 之间,总体分值较高,平均值 5.46,说明综合适宜性可以较好地评价撂荒耕地再利用可能性。

如图 6 所示,不适宜区总体分值介于 2.64 ~ 4.73,总面积为 1 673.73  $\text{hm}^2$ ,占撂荒耕地总面积的 21.9%,主要分布在研究区东南部。该区域地处低山丘陵地区,耕地破碎化严重,难以利用,另外的限制因素为撂荒耕地与道路距离及水源距离,这些区域耕作便利性低、灌溉条件较差、农机作业时间成本高,因此撂荒地复耕难度大。总体上,自然条件以及社会经济条件是不适宜复耕区能否再利用的主要因素。

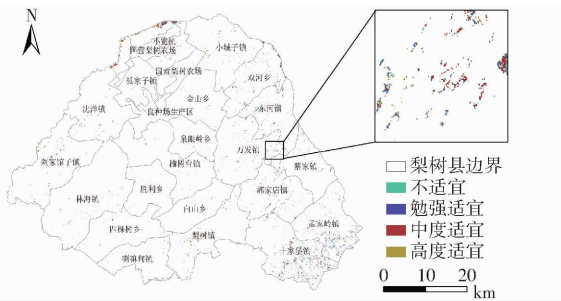


图6 撂荒耕地复耕综合适宜性分区

Fig. 6 Comprehensive suitability zoning of abandoned cultivated land for recultivation

勉强适宜区总体分值介于4.74~5.61,总面积为2 532.51 hm<sup>2</sup>,占撂荒耕地总面积的33.3%,主要分布在城区附近,该地区虽地块面积较小,但邻近主城区,劳动力丰富,耕作条件便利。可见尽管细碎地块给农业生产带来一定的难度,但通过合理规划利用,这些地块依旧可以被充分利用。

中度适宜区总体分值介于5.62~6.49,总面积为2 333.88 hm<sup>2</sup>,占撂荒耕地总面积的30.7%。多数位于小宽镇、孤家子镇、梨树镇等大型村庄,尽管中度适宜区的撂荒耕地土壤条件和地形条件相对较好,具备较强的可复耕性,但由于劳动力外流以及农业收益低等因素,导致其复耕适宜性一般。

在综合条件下高度适宜复耕的区域最小,高度适宜区总体分值介于6.50~8.55,总面积为1 071.67 hm<sup>2</sup>,占研究区撂荒耕地总面积的14.1%,集中分布在研究区西北部地区,与自然条件下高度适宜区域分布基本一致。通过现有技术改良耕作手段,确保土地正常流转,有助于高度适宜区的撂荒耕地恢复耕种。

### 3.3 基于TOPSIS法的撂荒耕地复耕适宜评价

由表4可知,采用TOPSIS法确定的梨树县撂荒耕地复耕适宜性评价因子相对接近度 $T$ 为0.242~0.751。其中,坡度相对接近度最高,为0.751;有机质含量相对接近度最低,为0.242。相对接近度排序前3的指标分别为坡度、人口数、坡向,其中坡度是影响耕地地表径流的重要因素,坡度较小的地区撂荒耕地复耕的可能性更高;随着农村地区人口向城镇化转移,务农劳动力减少,可能导致耕地撂荒现象加剧;处于阴坡耕地,接收到的阳光照射较少,这种情况会影响作物生长速度与产量。由此可见自然条件对撂荒耕地复耕起到突出性作用,是制约撂荒耕地复耕的根本原因,而社会经济条件对于撂荒耕地复耕同样具有较高影响。根据TOPSIS评价结果,从耕地保护、耕地用途管控、加强组织领导以及相关部门协同合作和宣传引导4个方面提出梨树县撂荒耕地复耕的建议。

表4 评价结果排序

Tab. 4 Ranking of evaluation results

评价指标	正理想解	负理想解	相对接近度 $T$	排序结果
	距离 $D^+$	距离 $D^-$		
坡度 $A_1$	1.289	3.881	0.751	1
坡向 $A_2$	1.731	3.223	0.651	3
pH值 $B_1$	1.672	3.009	0.643	4
有机质含量 $B_2$	3.669	1.171	0.242	10
图斑面积 $B_3$	2.466	1.421	0.272	9
土壤质地 $B_4$	2.414	2.463	0.505	7
与道路距离 $C_1$	2.006	2.904	0.584	5
与水源距离 $C_2$	2.475	2.767	0.528	6
与居民点距离 $C_3$	2.851	1.959	0.407	8
人口数 $C_4$	1.438	3.466	0.707	2

(1)加强耕地保护。需严格环境监管,治理土壤污染的同时防止新的污染源产生,在农业生产中推广使用低毒、低残留的农药和化肥,减少农业面源污染。通过开展土壤修复、实测土壤配方施肥、完善灌溉排水系统、修整新建田间道路等,提高撂荒耕地利用效率。针对难以利用的撂荒耕地,可以倡导种植不依赖机械生产的作物。

(2)加强耕地用途管控。需严格执行耕地占补平衡管理,加强控制耕地转为林地、草地、园地等其他农用地,防止耕地“非农化”和“非粮化”情况加剧。同时也要避免随意增加经济作物用地的情况发生,一个地区的土地利用现状是长期以来社会、自然、经济综合作用协同发展的结果,具有较强的合理性。在确保土地利用的合理性和可持续性的基础上,逐步增加粮食作物用地的数量,才能更好的保证粮食安全。

(3)加强组织领导以及相关部门协同合作。根据各部门职能,明确各自在撂荒耕地复耕复种工作中的职责分工,形成工作合力。例如,国土资源部门负责耕地占补平衡的监管和考核,农业部门负责耕地质量保护和提升,林业部门负责林地管理等。各部门分工协作共同承担耕地保护和粮食安全的职责。

(4)加强宣传引导。政府各相关部门应充分利用纸质或电子载体,采取多种形式广泛宣传耕地撂荒治理专项行动的有效做法,做好舆论引导,营造全社会依法依规用地、自觉保护耕地的良好氛围。

## 4 讨论

应用随机森林法对Sentinel-2数据进行遥感影像解译,将其分为撂荒耕地、有作物耕地、林地、草地、建设用地、水域6大类,在此基础上对撂荒耕地复耕适宜性进行了主客观结合的评价。研究结果表

明农村耕地撂荒现象受多维度因素影响,因此须从经济、政策、自然条件、社会等多维度出发,改善农民生产生活环境、提高耕地质量。

与以往的适宜性评价研究相比,AHP - CRITIC - TOPSIS 模型融合了定性认识和定量认识,有效降低了主观性的影响,增加实验结果可信度,使整个评价过程更科学,评价结果更可靠。从自然、土壤、社会经济 3 个维度构建撂荒耕地复耕适宜性评价体系,划分出 4 类适宜性等级,并探析 10 个不同影响指标的综合适宜性评价得分,得到的研究结果全面而有效的为耕地保护政策提供理论依据,有利于政府相关部门对于撂荒耕地采取科学的、精准的应对措施,使得耕地保护政策更加科学、合理且具有针对性。选取梨树县作为研究区,研究结果对梨树县撂荒耕地复耕工作有借鉴意义,为提高耕地质量,保证粮食安全提供科学依据。

本文还存在一些不足:①受到多种因素影响,影像解译精度存在一定误差,可能存在错分漏分的现象,使得最终分类结果与实际情况产生出入。②从研究区域来看,研究范围较小,受数据限制,无法从全省或更大范围角度对不同类型撂荒耕地进行更详细的研究,研究结果不全面。③从时间角度看,仅选取一年撂荒耕地进行研究分析,缺少动态研究,无法对未来耕地趋势进行预测。因此,后续可以扩大研究范围,选取多个典型省进行长时序的撂荒耕地变化趋势研究,合理划定可复耕区域,为提高耕地利用率提供科学理论依据。

## 5 结论

(1) 基于随机森林分类法,筛选重要特征集,得到最优特征参与分类,得出梨树县 2022 年撂荒耕地为 7 611.79 hm<sup>2</sup>,占耕地总面积的 2.9%,总体精度及 Kappa 系数均大于 95%,说明基于 GEE 平台的随机森林分类法所提取的地类精度较高,从整体来看,符合对撂荒耕地提取的精度要求。

(2) 梨树县耕地撂荒现象是多维度因素影响的结果,包括自然条件、社会经济背景和土壤条件等,这些因素相互交织,形成复杂的撂荒态势。通过主客观结合的 AHP - CRITIC - TOPSIS 模型对梨树县撂荒耕地进行复耕适宜性评价,得出各指标对撂荒耕地复耕的影响由大到小为:坡度、人口数、坡向、pH 值、与道路距离、与水源距离、土壤质地、与居民点距离、图斑面积、有机质含量。

(3) 综合分析梨树县撂荒耕地空间分布,得出高度适宜的撂荒耕地面积为 1 071.67 hm<sup>2</sup>,占研究区撂荒耕地总面积的 14.1%,集中分布在研究区西北部平原地区,土壤条件良好,可见这些土地具备被进一步开发和利用的潜力;中度适宜区撂荒耕地面积为 2 333.88 hm<sup>2</sup>,占撂荒耕地总面积的 30.7%,主要分布在大型村庄内;勉强适宜区撂荒耕地面积为 2 532.51 hm<sup>2</sup>,占撂荒耕地总面积的 33.3%,临近主城区,经过合理规划可以被重新利用;不适宜撂荒耕地总面积为 1 673.73 hm<sup>2</sup>,占撂荒耕地总面积的 21.9%,主要分布在研究区东南部。

## 参 考 文 献

- [1] 熊曦柳,胡月明,文宁,等. 耕地遥感识别研究进展与展望[J]. 农业资源与环境学报,2020,37(6):856-865. XIONG Xiliu, HU Yueming, WEN Ning, et al. Progress and prospect of cultivated land extraction research using remote sensing[J]. Journal of Agricultural Resources and Environment,2020,37(6):856-865. (in Chinese)
- [2] 陈文广,廖宇波,孔祥斌,等. 基于地块尺度的永久基本农田非粮化特征、驱动与管控[J]. 农业机械学报,2023,54(6):114-124. CHEN Wenguang, LIAO Yubo, KONG Xiangbin, et al. Characteristics, drivers and control of non-grain production on permanent basic farmland based on plot scale[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2023,54(6):114-124. (in Chinese)
- [3] 袁承程,张定祥,刘黎明,等. 近 10 年中国耕地变化的区域特征及演变态势[J]. 农业工程学报,2021,37(1):267-278. YUAN Chengcheng, ZHANG Dingxiang, LIU Liming, et al. Regional characteristics and spatial-temporal distribution of cultivated land change in China during 2009—2018[J]. Transactions of the CSAE,2021,37(1):267-278. (in Chinese)
- [4] 王刚,廖和平,温涛. 重庆南川村域耕地撂荒成因及分异机制与调控[J]. 地理学报,2024,79(7):1824-1841. WANG Gang, LIAO Heping, WEN Tao. Causes, differentiation mechanism and regulation of farmland abandonment in villages of Nanchuan district, Chongqing[J]. Acta Geographical Sinica,2024,79(7):1824-1841. (in Chinese)
- [5] 郑淋议,陈紫薇. 耕地细碎化对农户耕地撂荒的影响及其治理优化[J]. 地理研究,2024,43(1):200-213. ZHENG Linyi, CHEN Ziwei. Impacts of land fragmentation on farmers' farmland abandonment and its governance optimization [J]. Geographical Research,2024,43(1):200-213. (in Chinese)
- [6] 张超,刘佳佳,陈英义,等. 土地整治区田块空间形态变化遥感监测与评价[J]. 农业机械学报,2017,48(1):104-111. ZHANG Chao, LIU Jiajia, CHEN Yingyi, et al. Remote sensing monitor and evaluation on patch morphology changing in land consolidation areas[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2017,48(1):104-111. (in Chinese)
- [7] 李雨凌,马雯秋,姜广辉,等. 中国粮食主产区耕地撂荒程度及其对粮食产量的影响[J]. 自然资源学报,2021,36(6):1439-1454.

- LI Yuling, MA Wenqiu, JIANG Guanghui, et al. The degree of cultivated land abandonment and its influence on grain yield in main grain producing areas of China[J]. *Journal of Natural Resources*, 2021, 36(6): 1439–1454. (in Chinese)
- [8] 敬定乾,王孝德,王亚林,等. 山区撂荒耕地生态产品价值实现路径探索[J]. *中国国土资源经济*, 2023, 36(1): 53–59.
- [9] 周丁扬,吴建桥,文雯,等. 粮食主产区河南省耕地撂荒特征与影响因素分析[J]. *农业机械学报*, 2021, 52(8): 127–137.
- ZHOU Dingyang, WU Jianqiao, WEN Wen, et al. Abandonment characteristics and influencing factors of cultivated land abandonment in major crop-producing areas[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2021, 52(8): 127–137. (in Chinese)
- [10] HE Y, ALEXANDER V P, TOBIAS K, et al. Mapping agricultural land abandonment from spatial and temporal segmentation of Landsat time series[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2018, 210: 12–24.
- [11] WU J, JIN S, ZHU G, et al. Monitoring of cropland abandonment based on long time series remote sensing data: a case study of Fujian Province, China[J]. *Agronomy*, 2023, 13: 1585.
- [12] 徐中春,陈洁. 近30年来我国耕地撂荒研究进展与趋势展望——基于CNKI与CiteSpace的量化分析[J]. *江苏农业科学*, 2024, 52(4): 9–17.
- XU Zhongchun, CHEN Jie. Research progress and trend prospect of China's cultivated land abandonment in recent 30 years—based on CNKI and CiteSpace quantification analysis[J]. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2024, 52(4): 9–17. (in Chinese)
- [13] 秦小敏,熊东红,赵冬梅,等. 四川凉山州孙水河流域耕地撂荒时空格局分析[J]. *水土保持研究*, 2024, 31(2): 211–218, 239.
- QIN Xiaomin, XIONG Donghong, ZHAO Dongmei, et al. Spatiotemporal pattern of abandonment of arable land in Sunshuihe River basin of Liangshan prefecture in Sichuan Province[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2024, 31(2): 211–218, 239. (in Chinese)
- [14] 肖文菊,杨颖频,吴志峰,等. 基于时序遥感的撂荒地监测及空间格局特征分析[J]. *热带地理*, 2024, 44(3): 547–556.
- XIAO Wenju, YANG Yingpin, WU Zhifeng, et al. Abandoned land identification and spatial pattern analysis based on time-series remote sensing[J]. *Tropical Geography*, 2024, 44(3): 547–556. (in Chinese)
- [15] 赵经华,马世骅,房城泰. 基于熵权-模糊综合评价法的无人机多光谱春玉米长势监测模型研究[J]. *农业机械学报*, 2024, 55(8): 214–224.
- ZHAO Jinghua, MA Shijiao, FANG Chengtai. Growth monitoring of spring maize using UAV multispectral imaging based on entropy weight-fuzzy comprehensive evaluation method[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2024, 55(8): 214–224. (in Chinese)
- [16] 范海燕,朱丹阳,郝仲勇,等. 基于AHP和ArcGIS的北京市农业节水区划研究[J]. *农业机械学报*, 2017, 48(3): 288–293.
- FAN Haiyan, ZHU Danyang, HAO Zhongyong, et al. Agricultural water-saving zoning in Beijing based on AHP and ArcGIS[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2017, 48(3): 288–293. (in Chinese)
- [17] 徐存东,程慧,王燕,等. 灌区土壤盐渍化程度云理论改进多级模糊评价模型[J]. *农业工程学报*, 2017, 33(24): 88–95.
- XU Cundong, CHENG Hui, WANG Yan, et al. Improved multi-level fuzzy evaluation model based on cloud theory for evaluation of soil salinization degree[J]. *Transactions of the CSAE*, 2017, 33(24): 88–95. (in Chinese)
- [18] 武岩,刘宏金,迟文峰,等. 基于层次分析-客观赋权法的耕地质量等级评价方法研究与实证[J]. *中国土壤与肥料*, 2024(4): 17–25.
- [19] 凯吾沙·塔依尔,黎华,古丽米热·艾尔肯,等. FLUS与灰色预测模型支持下的乌鲁木齐地区碳排放时空演变与预测[J]. *水土保持学报*, 2023, 37(4): 214–226.
- [20] 杨红艳,杜健民,阮培英,等. 基于无人机遥感与随机森林的荒漠草原植被分类方法[J]. *农业机械学报*, 2021, 52(6): 186–194.
- YANG Hongyan, DU Jianmin, RUAN Peiying, et al. Vegetation classification of desert steppe based on unmanned aerial vehicle remote sensing and random forest[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2021, 52(6): 186–194. (in Chinese)
- [21] 王文静,蒋好忱,张存. 西藏“一江两河”流域耕地适宜性评价及布局合理性分析[J]. *测绘科学*, 2024, 49(2): 65–75.
- [22] WU Y, MA Z Y, LI X, et al. Assessment of water resources carrying capacity based on fuzzy comprehensive evaluation—case study of Jinan, China[J]. *Water Supply*, 2020, 21(2): 513–524.
- [23] 姜芸,王军,滕浩,等. 基于TOPSIS模型的典型黑土区耕地质量评价及土壤侵蚀耦合协调分析[J]. *农业工程学报*, 2023, 39(12): 82–94.
- JIANG Yun, WANG Jun, TENG Hao, et al. Coupling coordination analysis of the quality evaluation of cultivated land and soil erosion in typical black soil areas using TOPSIS method[J]. *Transactions of the CSAE*, 2023, 39(12): 82–94. (in Chinese)
- [24] 张智,杨志,黎景来,等. 基于灰色关联与TOPSIS耦合模型的甜瓜水肥灌溉决策[J]. *农业机械学报*, 2021, 52(9): 302–311, 330.
- ZHANG Zhi, YANG Zhi, LI Jinglai, et al. Water and fertilizer irrigation decision of melon based on grey relation analysis and TOPSIS coupling model[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2021, 52(9): 302–311, 330. (in Chinese)
- [25] 林建平,黄坤,邓爱珍,等. 耦合耕地综合质量和空间连通性的基本农田划定研究[J]. *农业机械学报*, 2024, 55(7): 221–231, 251.
- LIN Jianping, HUANG Kun, DENG Aizhen, et al. Basic farmland demarcation coupling comprehensive quality and spatial connectivity of cultivated land[J]. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2024, 55(7): 221–231, 251. (in Chinese)