DOI: 10.12398/j.issn.2096-7217.2026.02.015

基于时序指数特征的耕地时空演变分析研究

杨阳, 李昆, 宋伟*, 石孟宸

(黄河水利委员会信息中心,河南郑州,450003)

摘要:准确获取年度耕地面积与时空变化信息对于保障农业耕地红线和提升水资源高效节约集约利用水平至关重要,为农机作业提供科学导航与智能调度依据,有效提升农业机械化作业精度与效率。本研究以新疆维吾尔自治区阿克苏河流域为例,提出一种基于时序指数特征的耕地时空变化信息提取方法。首先基于农作物整个生长物候期时序遥感影像NDVI数据,采用最大值合成的方法获取年度综合植被指数影像,将其进行波段叠加构造得到时序指数特征影像;其次采用面向对象分割的方法对特征影像进行多尺度分割,得到分割结果;最后分析不同年度变化耕地在特征影像上的变化规律,构建不同变化类型耕地提取规则,采用决策树分类的方法实现不同年度耕地时空变化信息的快速提取。实验结果表明:采用本研究方法可以实现各年度耕地变化信息的快速准确提取。通过分析各年度耕地变化信息可知,2021—2024年间阿克苏河流域耕地面积整体呈增加趋势,2022年与2023年耕地增长率较大,为1.24%、1.28%;2024年耕地增长放缓,增长率为0.42%。为验证提取结果的准确性,基于部分县统计年鉴数据与遥感监测数据对比,结果显示两者相对误差在5%左右,由此说明本研究方法提取耕地面积准确性较好。

关键词:阿克苏河流域;耕地;综合植被指数;时序特征;时空变化

中图分类号:S24;S127 **文献标识码:**A **文章编号:**2096-7217(2026)02-0161-08

杨阳, 李昆, 宋伟, 石孟宸. 基于时序指数特征的耕地时空演变分析研究[J]. 智能化农业装备学报(中英文), 2026, 7(2): 161－168

Yang Yang, Li Kun, Song Wei, Shi Mengchen. Analysis of spatial-temporal evolution of cultivated land based on temporal index characteristics [J]. Journal of Intelligent Agricultural Mechanization, 2026, 7(2): 161－168

0 引言

新疆维吾尔自治区是我国重要的农业生产基地,在全国粮食安全与农产品供给中占据重要地位[1-4]。阿克苏河流域地处南疆核心区域,既是塔里木河关键的水源补给区,也是新疆重要的农业发展区,区域内耕地资源丰富、开发潜力较大。近年来,随着经济的不断发展、城市扩张与道路桥梁建设,耕地数量减少与退化问题加剧[5-8]。故而准确、高效地获取流域耕地的年度时空分布信息,对资源保护与水资源优化配置至关重要,对制定科学土地管理政策、优化土地利用结构、保障粮食安全具有重大现实意义。

卫星遥感技术凭借动态、高效、大范围等优势,在耕地信息监测中应用广泛[9-11]。随着遥感数据时空分辨率的提升,相关研究不断深入:孟凤等[12]基于Landsat影像提出多季相分形特征的耕地快速提取方法;常婉秋等[13]利用迁移学习与非监督分类识别玉米;郭千慧子等[14]融合时序Landsat与中分辨率成像光谱仪(moderate-resolution imaging spectroradiometer, MODIS)构建归一化植被指数(normalized difference vegetation index, NDVI)数据集监测黄土矿区耕地变化;杨悦等[15]基于物候特征采用面向对象方法监测耕地非粮化;于淼[16]利用时序Landsat和MODIS植被指数检测耕地时空变化;习文强等[17]结合遥感与空间统计实现耕地快速提取与变化分析;马永健等[18]利用高分一号提取荒漠区耕地;徐道雯等[19]基于时序遥感提取丘陵撂荒地;康鼎荣[20]采用MODIS数据进行耕地非粮化遥感识别与时空演变分析;毛星等[21]基于DeepLab v3+模型结合迁移学习的方法开展高分遥感耕地信息提取研究。

综上所述,遥感技术在耕地资源管理和农业生产中发挥着越来越重要的作用。传统耕地遥感监测方法通常先提取单一年度耕地,再通过空间运算获取变化信息,过程繁琐复杂。为快速、准确获取年度耕地面积及其时空变化,本研究通过构建时序指数特征影像,结

收稿日期:2025-04-25 修回日期:2025-06-25

基金项目:国家重点研发计划(2023YFC3209201)

第一作者:杨阳,女,1986年生,河南南阳人,硕士,高级工程师;研究方向为农业遥感信息智能提取。E-mail: 908258261@qq.com

*通信作者:宋伟,男,1992年生,河南漯河人,硕士,工程师;研究方向为遥感信息智能提取与应用。E-mail: 243052997@qq.com

合面向对象分类方法,实现各年度耕地及其变化信息的快速、精准提取,有助于守牢农业耕地红线,提升水资源节约集约利用水平,并为农机作业提供科学导航与智能调度依据,切实提高农业机械化作业精度与效率。

1 研究区概况与数据情况

1.1 研究区概况

阿克苏河流域位于天山南麓中段西部,塔里木盆地的北缘,地理坐标介于东经75°35′~80°59′,北纬40°17′~42°27′之间,流域总面积约为52 000 km^2,中国境内流域面积约为37 000 km^2[22]。阿克苏河由托什干河、库玛拉克河和台兰河3条河交汇而成,最终流入塔里木河[23]。该流域耕地资源较多,是南疆重要的粮食生产区[24]。

1.2 数据情况

采集阿克苏河流域2021—2024年作物生长期(3—10月)10 m分辨率的哨兵2号遥感影像数据,对其进行辐射校正、大气校正、NDVI计算等预处理工作。

2 研究方法

本研究选取阿克苏河流域为研究对象,采集2021—2024年作物生长期时序遥感影像数据,计算获取各期遥感影像NDVI,基于每年的NDVI影像,对其进行最大值合成获取年度最大值NDVI,将每年年度NDVI最大值进行波段合成得到时序指数特征影像,在此基础上采用面向对象分类的方式构建年度变化耕地提取模型,实现年度新增、轮休等变化耕地的时空分布信息提取,结合新开垦、复垦耕地解译标志,通过目视判读的方式对新增耕地进行分类,得到新开垦、复垦耕地信息。

2.1 新增耕地类型

1)新开垦耕地:多期影像对比,开垦前地块在影像上呈现为荒地、裸地、沙漠等,经过平整后地块规则,在影像上纹理平滑。

2)复垦耕地:轮休地再次种植,例如2022年的复垦耕地,在2021年影像上显示为有地块特征,但是2021年未种植任何作物,后期对该地块进行平整,并在2022年进行种植。

3)轮休耕地:轮休耕地,是指为提高耕种效益和实现耕地可持续利用,在一定时期内采取的以保护、养育、恢复地力为目的的不耕种措施。

2.2 时序指数

植被指数是植被遥感监测中常用指标,是分析区域植被覆盖度与长势好坏的重要参数。其中,NDVI是植被遥感监测研究中使用最多的一个。该指数主要利用植被信息在影像的近红外和红光波段分别表现出高反射率与低反射率两种相反的特征计算得到[25],NDVI取值范围[-1,1],其值大小代表着植被覆盖度的大小。水体、冰雪等非植被的NDVI值小于0;裸地和非常稀疏的植被NDVI值接近0;植被生长区的NDVI值大于0,且植被长势越好,覆盖越茂密,NDVI越接近1。归一化植被指数公式如下:

$$\mathrm{NDVI}=\frac{Band_{\mathrm{NIR}}-Band_{\mathrm{R}}}{Band_{\mathrm{NIR}}+Band_{\mathrm{R}}} \tag{1}$$

式中:$Band_{\mathrm{NIR}}$——近红外波段的真实地表反射率;

$Band_{\mathrm{R}}$——红光波段的真实地表反射率。

本研究基于归一化植被指数提出综合植被指数(comprehensive normalized difference vegetation index,CNDVI),即通过分析农作物物候特征,利用作物生长期内各期的NDVI值,将各期影像每个像元位置NDVI的最大值提取出来生成一个新的指数。其公式如下:

$$\mathrm{CNDVI}=\max\sum_{i=1}^{n}\mathrm{NDVI}_i \tag{2}$$

式中:i——作物生长周期影像期数;

NDVI_i——作物生长周期第i期NDVI影像。

2.3 时序指数特征影像构建与分析

基于各年度综合植被指数特征影像,通过波段合成构造时序指数征影像。如图1所示为时序指数征影像示意图,图中蓝色、绿色为新增或复垦耕地,紫色、粉色为轮休耕地,白色为未变化耕地。

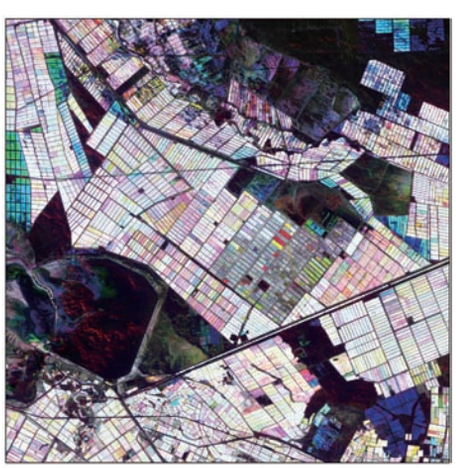


图1 时序指数特征影像

Figure 1 Time series composite index feature image

基于图2不同年度新增与轮休耕地变化曲线分析其变化特征。其中,新增耕地呈现增加趋势,轮休耕地呈现减小趋势。如2023年新增耕地,其综合植被指数值在2021年和2022年较低,至2023年明显增加。结合不同年度新增、轮休耕地的变化特征,可构建其对应的提取规则。

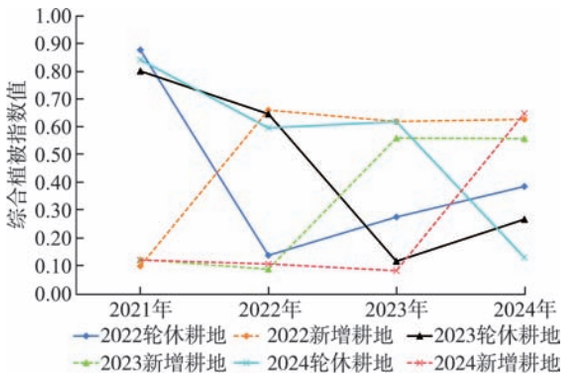


图 2　不同年度新增轮休耕地变化曲线

Figure 2　Change curve of newly added rotational fallow land in different years

2.4　面向对象分割

面向对象分割是将影像划分为一系列具有相似特征区域的过程。这些区域在影像上表现为具有一定形状、大小和属性的同质区域[26]。与基于像素的分割方法不同，面向对象分割更注重图像的整体结构和特征，从而能够更有效地利用影像中的纹理、波谱信息[27-28]。

2.5　耕地时空变化信息提取

基于时序指数特征影像的分割结果，采用决策树分类方法实现耕地时空变化信息提取。以时序指数特征影像为基础，结合专家经验知识，构建不同对象提取规则，得到耕地变化信息，同时结合建立的解译标志，采用目视判读的方式对新增耕地进行分类获取新开垦、复垦耕地，如图 3 所示为耕地时空变化信息提取技术路线。

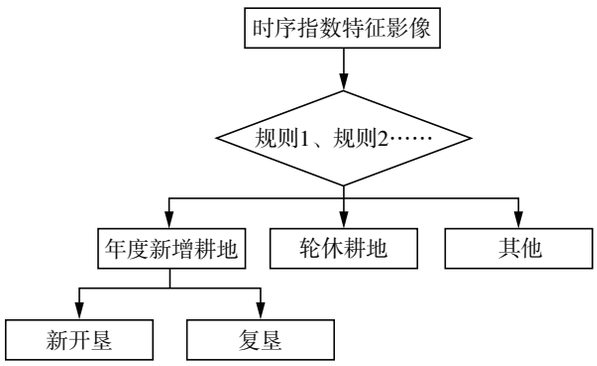


图 3　耕地时空变化信息提取

Figure 3　Spatiotemporal change information extraction of cultivated land

3　结果与分析

3.1　阿克苏河流域各年度耕地信息总体情况

2021—2024 年阿克苏河流域耕地面积见表 1。

表 1　2021—2024 年阿克苏河流域耕地面积总体情况

Table 1　Total cultivated land area of Aksu river basin from 2021 to 2024　　khm²

行政区划	2021 年	2022 年	2021—2022 变化率/%	2023 年	2022—2023 变化率/%	2024	2023—2024 变化率/%
4 团	8.17	8.25	0.90	8.34	1.13	8.05	−3.44
5 团	17.93	18.05	0.67	20.45	13.29	21.05	2.90
6 团	14.84	14.82	−0.13	14.92	0.67	14.94	0.13
阿合奇县	13.11	12.95	−1.22	13.42	3.60	14.03	4.57
阿克苏市	169.47	176.11	3.92	179.45	1.89	180.83	0.77
阿图什市	5.98	6.21	3.90	6.26	0.75	6.18	−1.28
阿瓦提县	146.23	146.29	0.04	147.02	0.50	146.80	−0.15
巴楚县	0.07	0.08	20.00	0.08	0.00	0.08	0.00
柯坪县	14.53	16.88	16.20	17.15	1.62	16.20	−5.56
沙井子灌区(1 团)	54.83	54.88	0.09	55.27	0.72	55.19	−0.16
塔里木灌区(7 团)	68.05	67.92	−0.19	68.03	0.17	69.27	1.82
温宿县	170.28	170.41	0.08	171.56	0.67	172.26	0.41
乌什县	70.09	69.93	−0.23	70.59	0.95	70.93	0.48
新和县	0.42	0.60	42.86	0.60	0.00	0.62	3.33
兵团合计	163.82	163.92	0.06	167.02	1.89	168.50	0.89
地方合计	590.19	599.47	1.57	606.13	1.11	607.94	0.30
流域合计	754.01	763.39	1.24	773.16	1.28	776.44	0.42

由表1可知,2021年阿克苏河流域耕地总面积为754.01 khm²,其中兵团耕地面积为163.82 khm²,地方耕地面积为590.19 khm²。2022年阿克苏河流域耕地总面积763.39 khm²,较2021年增长1.24%,增加耕地主要集中在阿克苏市与柯坪县。2023年阿克苏河流域耕地总面积为773.16 khm²,较2022年增长1.28%,增加耕地主要集中分布于5团与阿克苏市。2024年阿克苏河流域耕地面积为776.44 khm²,较2023年增长0.42%,增长率较前两年有所减少。

3.2 耕地时空变化信息分析

根据表2中阿克苏河流域2022年较2021年耕地时空变化结果分析可知,2022年阿克苏河流域新增耕地面积为11.49 khm²,包括新开垦耕地和复垦耕地。新开垦耕地面积0.23 khm²,分散分布于阿克苏市、阿瓦提县和温宿县等区域;复垦耕地面积11.26 khm²,主要分布于阿克苏市和柯坪县,面积分别为6.85 khm²、2.44 khm²,占总复垦耕地面积的82.4%。轮休耕地面积为2.11 khm²,分布较为分散,流域内各个县居均有少量轮休耕地。

表2 2021—2024年阿克苏河流域耕地时空变化信息详情

Table 2 Spatial and temporal changes of cultivated land in Aksu river basin from 2021 to 2024 khm²

行政区划	2022年较2021年耕地时空变化面积			2023年较2023年耕地时空变化面积			2024年较2023年耕地时空变化面积		
	复垦	新开垦	轮休	复垦	新开垦	轮休	复垦	新开垦	轮休
4团	0.10	0.01	0.03	0.09	0.01	0.01	0.05	0	0.34
5团	0.15	0	0.03	0.25	2.25	0.10	0.51	0	0.08
6团	0.04	0.01	0.07	0.07	0.07	0.03	0.06	0	0.05
阿合奇县	0.01	0	0.16	0.47	0.01	0.01	0.38	0.32	0.08
阿克苏市	6.85	0.07	0.27	3.29	0.15	0.08	1.83	0.07	0.51
阿图什市	0.27	0.01	0.04	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.09
阿瓦提县	0.41	0.05	0.40	0.33	0.58	0.18	0.29	0.11	0.61
巴楚县	0.01	0	0	0	0	0	0	0	0
柯坪县	2.44	0.01	0.10	0.26	0.03	0.01	0.16	0.02	1.12
沙井子灌区(1团)	0.11	0.01	0.08	0.37	0.08	0.06	0.09	0	0.13
塔里木灌区(7团)	0.09	0	0.21	0.27	0.02	0.17	0.76	0.61	0.14
温宿县	0.41	0.04	0.32	0.85	0.53	0.21	1.45	0.03	0.68
乌什县	0.22	0.01	0.39	0.59	0.16	0.07	0.27	0.32	0.25
新和县	0.18	0	0	0	0	0	0.02	0	0
兵团合计	0.49	0.03	0.42	1.03	2.43	0.36	1.47	0.61	0.74
地方合计	10.77	0.21	1.69	5.75	1.47	0.56	4.39	0.89	3.35
流域合计	11.26	0.23	2.11	6.79	3.90	0.92	5.87	1.50	4.09

根据阿克苏河流域2023年较2022年耕地时空变化结果分析可知,2023年阿克苏河流域新增耕地面积为10.69 khm²,包括新开垦耕地、复垦耕地。新开垦耕地面积3.9 khm²,分散分布于兵团、阿克苏市、阿瓦提县和温宿县等区域;复垦耕地面积6.79 khm²,主要分布于阿克苏市和温宿县,面积分别为3.29 khm²、0.85 khm²;轮休耕地面积为0.92 khm²。

根据阿克苏河流域2024年较2023年耕地时空变化结果分析可知,2024年阿克苏河流域新增耕地面积为7.37 khm²,包括新开垦耕地、复垦耕地。新开垦耕地面积1.5 khm²,分散分布于兵团、阿合奇县、乌什县等区域;复垦耕地面积5.87 khm²,主要分布于阿克苏市和温宿县,面积分别为1.83 khm²、1.45 khm²。轮休耕地面积为4.09 khm²。

对图4中2021—2024年耕地时空变化局部成果分析可知,该方法可较好地获取各年度耕地变化信息,提取图斑完整性较好。通过快速获取年度耕地变化的位置与面积信息,为耕地资源管理、水资源优化配置和保障农业用水提供重要支撑。



（a）2021年种植耕地局部图　（b）2022年新增种植耕地局部图

（c）2023年新增种植耕地局部图　（d）2024年新增种植耕地局部图

图 4　2021—2024 年耕地时空局部变化图

Figure 4　Spatial and temporal local changes of cultivated land in 2021—2024

3.3　精度验证

为评估本研究耕地信息提取方法的准确性，将提取的耕地面积与 2023 年阿克苏地区政府统计公报数据进行对比分析。选取乌什县和阿克苏市作为验证区域，对比本研究提取结果与官方统计数据的差异。

表 3　本研究提取面积与统计数据对比情况

Table 3　This research extracts the comparison between area and statistical data

县	本研究提取面积/khm²	2023 年统计数据/khm²	相对误差/%
乌什县	70.59	67.11	5.20
阿克苏市	179.45	170.96	4.96

通过对表 3 中数据分析可知，2023 年乌什县本研究方法提取耕地面积为 70.59 khm²，官方统计公报为 67.11 khm²，两者相对误差为 5.2%；阿克苏市本研究方法提取耕地面积为 179.45 khm²，官方统计公报为 170.96 khm²，两者相对误差为 4.96%。精度评估结果表明，本研究方法在耕地提取中具有较高的可靠性，总体提取精度均优于 94%。

4　结论

准确获取年度耕地面积与时空变化信息对于保障农业耕地红线和提升水资源高效节约集约利用水平至关重要，为农机作业提供科学导航与智能调度依据，有效提升农业机械化作业精度与效率。本研究以新疆维吾尔自治区阿克苏河流域为例，提出一种基于时序指数特征的耕地时空变化信息提取方法。研究结果表明：

1）基于该地区农作物生长物候期的时序 NDVI 影像，通过最大值合成年度综合植被指数，将各年度综合植被指数影像进行波段叠加处理获得指数特征影像，采用面向对象分割与决策树分类方法实现 2021—2024 年阿克苏河流域耕地时空变化信息的快速准确提取。

2）基于 2021—2024 年阿克苏河流域耕地时空变化信息提取结果分析可知，近年来阿克苏河流域耕地整体呈增长趋势，2022—2024 年各年度耕地增长率分别为 1.24%、1.28%、0.42%。耕地的增加主要分布在阿克苏市、柯坪县与温宿县等区域。

3）通过对各年度耕地变化信息分析可知，阿克苏

河流域各年度增加耕地主要以复垦耕地为主,新开垦耕地占比较少。

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.

[2] 郑可心,张锡煜,张清. 1985—2020年海伦市耕地质量遥感监测与空间格局变化分析[J]. 黑龙江农业科学,2024(1):29－36.
Zheng Kexin, Zhang Xiyu, Zhang Qing. Remote sensing of cultivated land quality in Hailun from 1985 to 2020 [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2024(1): 29－36.

[3] 王丽蒙,王加胜,杨昆,等. 1990—2019年石漠化区耕地时空特征及成因分析:以富源县为例[J]. 测绘通报,2022(4):77－82.
Wang Limeng, Wang Jiasheng, Yang Kun, et al. Spatial-temporal characteristics and driving forces of the cropland in rocky desertification area from 1990 to 2019: taking Fuyuan county as an example [J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2022(4): 77－82.

[4] Wu Z, Thenkabail P S, Mueller R, et al. Seasonal cultivated and fallow cropland mapping using MODIS-based automated cropland classification algorithm [J]. Journal of Applied Remote Sensing, 2014, 8(1): 083685.

[5] Smaliychuk A, Müller D, Prishchepov A V, et al. Recultivation of abandoned agricultural lands in Ukraine: Patterns and drivers [J]. Global Environmental Change, 2016, 38: 70－81.

[6] 丁书培,李蒙蒙,汪小钦,等. 基于时序遥感数据的福州市耕地非农化特征及驱动因子分析[J]. 遥感技术与应用,2022,37(3):550－563.
Ding Shupei, Li Mengmeng, Wang Xiaoqin, et al. The use of time series remote sensing data to analyze the characteristics of non-agriculture farmland and their driving factors in Fuzhou [J]. Remote Sensing Technology and Application, 2022, 37(3): 550－563.

[7] 周再文. 基于时序遥感影像的荆州市耕地利用动态监测研究[D]. 武汉:长江大学,2024.
Zhou Zaiwen. Research on dynamic monitoring of arable land use in jingzhou city based on time-series remote sensing images [D]. Wuhan: Yangtze University, 2024.

[8] Dong J W, Liu J Y, Yan H M, et al. Spatio-temporal pattern and rationality of land reclamation and cropland abandonment in mid-eastern Inner Mongolia of China in 1990—2005 [J]. Environmental Monitoring and Assessment, 2011, 179(1/4): 137－153.

[9] 卞嘉蓉. 基于图像翻译的异源遥感影像耕地变化检测方法研究[D]. 咸阳:西北农林科技大学,2024.
Bian Jiarong. Research on cultivated land change detection methods based on image translation for heterogeneous remote sensing images [D]. Xianyang: Northwest A&F University, 2024.

[10] 韦中晖,靳海亮,顾晓鹤,等. 基于多时相协同变化检测的耕地撂荒遥感监测[J]. 遥感技术与应用,2022,37(3):539－549.
Wei Zhonghui, Jin Hailiang, Gu Xiaohe, et al. Remote sensing monitoring of cultivated land abandonment based on multi-temporal collaborative change detection [J]. Remote Sensing Technology and Application, 2022, 37(3): 539－549.

[11] Xu L L, Yang P, Yu J J, et al. Extraction of cropland field parcels with high resolution remote sensing using multi-task learning [J]. European Journal of Remote Sensing, 2023, 56(1): 2181874.

[12] 孟凤,朱庆伟,董士伟,等. 基于多季相分形特征的Landsat 8 OLI影像耕地信息提取方法[J]. 农业机械学报,2024,55(6):168－177.
Meng Feng, Zhu Qingwei, Dong Shiwei, et al. Cropland information extraction method of Landsat 8 OLI images based on multi-seasonal fractal features [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2024, 55(6): 168－177.

[13] 常婉秋,姚宇,席晓杰,等. 基于迁移学习和非监督分类的制种玉米遥感识别方法[J]. 农业机械学报,2024,55(8):181－195.
Chang Wanqiu, Yao Yu, Xi Xiaojie, et al. Remote sensing identification for seed maize with integrated migration learning and unsupervised classification [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2024, 55(8): 181－195.

[14] 郭千慧子,汤伏全,马婷,等. 基于时序遥感的黄土矿区耕地变化动态监测:以大佛寺矿区为例[J]. 煤炭科学技术,2022,50(3):215－223.
Guo Qianhuizi, Tang Fuquan, Ma Ting, et al. Dynamic monitoring of cultivated land changes in loess mining areas based on time series remote sensing: A case of Dafosi mining area [J]. Coal Science and Technology, 2022, 50(3): 215－223.

[15] 杨悦,杨贵军,龙慧灵,等. 基于遥感时序物候特征的耕地非粮化多模式监测方法[J]. 农业工程学报,2024,40(2):283－294.
Yang Yue, Yang Guijun, Long Huiling, et al. Multi-modal recognition method for non-grain cropland using remote sensing time series [J]. Transactions of the Chinese

Society of Agricultural Engineering, 2024, 40 (2): 283－294.

[16] 于淼. 基于遥感时序分析的衡阳盆地耕地时空动态变化检测研究[D]. 北京：中国地质大学(北京), 2020.
Yu Miao. Study of cropland spatio-temporal dynamics change detection in Hengyang basin based on remote sensing time series analysis [D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2020.

[17] 习文强，杜世宏，杜守基. 多时相耕地覆盖提取和变化分析:一种结合遥感和空间统计的时空上下文方法[J]. 地球信息科学学报，2022，24(2)：310－325.
Xi Wenqiang, Du Shihong, Du Shouji. Multi-temporal cultivated land cover extraction and change analysis: a spatiotemporal context method combining remote sensing and spatial statistics [J]. Journal of Geo-information Science, 2022, 24(2): 310－325.

[18] 马永建，汪传建，赵庆展，等. 基于GF-1遥感影像的荒漠区耕地分类与提取方法[J]. 石河子大学学报(自然科学版)，2021，39(3)：383－390.
Ma Yongjian, Wang Chuanjian, Zhao Qingzhan, et al. Study on extraction of cultivated land in desert area with GF-1 remote sensing image based on U-Net model [J]. Journal of Shihezi University (Natural Science), 2021, 39 (3): 383－390.

[19] 徐道雯，吴家煜，朱高龙. 基于时序遥感数据的东南丘陵地区撂荒耕地提取:以福建省闽清县为例[J]. 农业灾害研究，2024，14(8)：288－292.
Xu Daowen, Wu Jiayu, Zhu Gaolong. et al. Extraction of abandoned farmland in southeast hilly area based on time series remote sensing data [J]. Journal of Agricultural Catastrophology, 2024, 14(8): 288－292.

[20] 康鼎荣. 基于MODIS-EVI的关中地区耕地非粮化遥感识别与时空演变[D]. 武汉：武汉大学，2023.
Kang Dingrong. Remote sensing identification and spatialtemporal evolution for non-grain production of cultivated land in Guanzhong Region based on MODIS-EVI [D]. Wuhan: Wuhan University, 2023.

[21] 毛星，金晶，张欣，等. 基于改进DeepLab v3＋模型和迁移学习的高分遥感耕地信息提取方法[J]. 江苏农业学报，2023，39(7)：1519－1529.
Mao Xing, Jin Jing, Zhang Xin, et al. High-resolution remote sensing arable land information extraction method based on improved DeepLab v3＋ model and transfer learning [J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2023, 39(7): 1519－1529.

[22] 姚小晨，高凡，韩方红，等. 2000—2020年阿克苏河流域土地利用强度变化及其对蒸散发的影响[J]. 干旱区研究，2024，41(6)：951－963.
Yao Xiaochen, Gao Fan, Han Fanghong, et al. Land use intensity change and its influence on evapotranspiration in Aksu river basin from 2000 to 2020 [J]. Arid Zone Research, 2024, 41(6): 951－963.

[23] 杨秋兰，王新军，高胜寒，等. 2000—2020年阿克苏河流域土地利用时空变化图谱分析[J]. 湖南农业科学，2024 (10)：45－52.
Yang Qiulan, Wang Xinjun, Gao Shenghan, et al. Atlas of spatial and temporal changes of land use in the Aksu River Basin during 2000—2020 [J]. Hunan Agricultural Sciences, 2024(10): 45－52.

[24] 许丽，岳胜如，胡雪菲. 2000—2020年阿克苏河流域植被动态变化及驱动机制[J]. 水土保持通报，2024，44(1)：326－334.
Xu Li, Yue Shengru, Hu Xuefei. Dynamics changes and driving mechanisms of vegetation in Aksu River Basin from 2000 to 2020 [J]. Bulletin of Soiland Water Conservation, 2024, 44(1): 326－334.

[25] 卢辉雄，聂振龙，王金哲，等. 基于时序NDVI的石羊河流域植被时空变化规律研究[J]. 地理空间信息，2020，18 (5)：54－60，7.
Lu Huixiong, Nie Zhenlong, Wang Jinzhe, et al. Research on vegetation spatio-temporal variation characteristics of Shiyang River Basin based on NDVI time series data [J]. Geospatial Information, 2020, 18(5): 54－60, 7.

[26] 范影影，朱洪芬，刘慧芳，等. 基于面向对象分割的耕地集中连片经营分布提取及其影响因素研究:以大同市云州区四乡镇为例[J]. 农业资源与环境学报，2023，40(3)：548－556.
Fan Yingying, Zhu Hongfen, Liu Huifang, et al. Distribution extraction and influencing factors of farmland concentrated contiguous management based on objectoriented segmentation: A case study of four towns in Yunzhou District, Datong City of China [J]. Journal of Agricultural Resources and Environment, 2023, 40 (3): 548－556.

[27] 吕昱，范燕敏，武红旗，等. 面向对象的作物种植信息提取研究:以新疆奇台县为例[J]. 山东农业科学，2020，52 (6)：137－143.
Lü Yu, Fan Yanmin, Wu Hongqi, et al. Study on extracting crop planting information by object-oriented method－Taking Qitai county of Xinjiang as example [J]. Shandong Agricultural Sciences, 2020, 52 (6): 137－143.

[28] 陈艺华，陈振杰. 一种面向对象的人工草地遥感监测方法[J]. 江苏农业学报，2021，37(6)：1545－1553.
Chen Yihua, Chen Zhenjie. An object-oriented remote sensing monitoring method for artificial grassland [J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences, 2021, 37 (6): 1545－1553.

Analysis of spatial-temporal evolution of cultivated land based on temporal index characteristics

Yang Yang, Li Kun, Song Wei*, Shi Mengchen

(*Yellow River Water Conservancy Commission Information Center*, *Zhengzhou* 450003, *China*)

Abstract: Accurately obtaining annual cropland area and spatiotemporal change information is crucial for safeguarding the agricultural land redline and improving the efficient, economical, and intensive utilization of water resources. It also provides a scientific basis for navigation and intelligent scheduling of agricultural machinery, thereby effectively enhancing the precision and efficiency of mechanized agricultural operations. Taking the Aksu river basin in the Xinjiang Uygur Autonomous Region as an example, this study proposes a method for extracting cropland spatiotemporal change information based on time-series index features. First, based on NDVI data derived from time-series remote sensing images covering the entire crop growth phenological period, annual composite vegetation index images are generated using the maximum value compositing method, and these images are stacked into bands to construct a time-series index feature image. Second, an object-oriented segmentation approach is applied to perform multi-scale segmentation on the feature image to obtain segmentation results. Finally, the change patterns of cropland across different years revealed by the feature image are analyzed, and extraction rules for different cropland change types are established. A decision tree classification method is then employed to achieve rapid extraction of annual cropland spatiotemporal change information. Experimental results demonstrate that the proposed method can extract annual cropland change information rapidly and accurately. Analysis of the annual change information shows that the cropland area in the Aksu river basin exhibited an overall increasing trend from 2021 to 2024, with relatively high growth rates of 1.24% and 1.28% in 2022 and 2023, respectively, while the growth rate slowed to 0.42% in 2024. To validate the accuracy of the extraction results, a comparison between the statistical yearbook data of selected counties and the remote sensing monitoring data was conducted, revealing a relative error of approximately 5%. This confirms that the proposed method attains satisfactory accuracy in extracting cropland area.

Keywords: Aksu river basin; plowland; composite index feature; temporal feature; spatiotemporal variation

Foundation items: National Key Research and Development Program of China(2023YFC3209201)

First Author: Yang Yang, E-mail: 908258261@qq.com

* **Corresponding Author:** Song Wei, E-mail: 243052997@qq.com