



张嘉敏,何俊,高富东,等.基于 Landsat8 时间序列的宁夏青铜峡市农田防护林提取[J].黑龙江农业科学,2024(1):23-28.

基于 Landsat8 时间序列的宁夏青铜峡市 农田防护林提取

张嘉敏¹,何俊^{1,2,3},高富东¹,李敏¹,孙兆军^{1,2,3},李茜^{1,2,3},楠菲山¹

(1. 宁夏大学 地理科学与规划学院,宁夏 银川 750021; 2. 中阿旱区特色资源与环境治理国际合作联合实验室,宁夏 银川 750021; 3. 宁夏旱区资源评价与环境调控重点实验室,宁夏 银川 750021)

摘要:农田防护林在西北多风沙地区发挥了重要防护作用,为农作物提供了良好的生长环境。为了解农田防护林的空间分布特征,需要对防护林进行有效提取,采用中低分辨率遥感数据进行农田防护林提取成为重要途径。以宁夏青铜峡市农田防护林为研究对象,在 2019 年影像中选取 7 期可以代表 4 个季度地物特征的 Landsat8 OLI 影像数据,在影像预处理基础上,融入水体指数、植被特征和植被指数,提取植被的物候特征,掩膜去除研究区内其他地物,从而实现农田防护林的提取。同时利用野外调查结果和土地利用数据对提取结果进行精度评价。结果表明,该方法防护林提取的总体精度为 85.16%,野外调查的 50 个采样点中有 44 个点被准确提取,精度达到 88.00%。青铜峡市农田防护林多以林带的形式呈现,林带主要沿排水沟分布。

关键词:多时序遥感影像;青铜峡市;物候特征;农田防护林;Landsat8 OLI

农田防护林作为稳定农田内各生态因子协调共存的屏障,在减小风沙危害、调节农田小气候、改良土壤性质、增加作物产量等方面发挥着重要作用,对维护农田内生态系统的平衡和促进农业更好更稳定发展等具有重要意义,在农区生态文明建设中的重要地位逐渐体现,日趋受到重视^[1-2]。国内外学者在防护林结构、防护效应、农林竞争、增产效应等方面开展了大量研究^[3-6]。基于农田防护林在农业生产方面的重要作用,如何有效提取防护林信息、掌握其空间分布特征也成为广大学者研究的对象,对林业研究与管理具有重要意义。

目前,能够有效获取农田防护林信息的方法主要有两种,分别是人工野外调查法和遥感数据监测法。前者人工成本高且周期长,而遥感数据监测的范围广、尺度大,并且回归周期短,可以作长时段的监测,在农田防护林的提取中得到广泛使用。国内外学者在利用遥感影像技术监测农田防护林方面开展了大量研究,其中运用最多的是 Landsat8 OLI 遥感数据、MODIS 系列数据和高分遥感数据^[7-9]。部分学者应用归一化植被指数 (NDVI)^[10-11]提取了农田防护林信息,但提取时会受到周边地物尤其是作物的影响,因此部分学

者将农田防护林的数学形态、纹理信息及形态指数^[7,9,12]引入信息提取中,提高了信息提取的进度,但是对于精度较低的影像来说,较短的林带不容易被提取^[13]。部分学者结合多光谱遥感和农田防护林的几何特征,利用面向对象的方法提取地物信息^[9,14],但受到遥感影像分辨率的限制,提高提取精度成为需要攻克的难题。

不同物种的生长物候不同,根据这个特点,多时相遥感开始广泛应用,大量覆盖范围广、回访周期短的遥感卫星成为重要的信息源。多时序遥感数据在农作物提取中得到较为广泛的应用^[15-16],可以用来识别不同地物类型。陈健等^[17]和平跃鹏等^[18]基于 MODIS、Landsat 等遥感数据提取了小麦、玉米、大豆等农作物的信息,达到了很好的效果。雷思君等^[19]通过重构作物与林带生长的时间序列曲线图来提取不同时间的不同地物,在低分辨率影像的基础上提高了防护林的提取精度。

宁夏回族自治区位于西北内陆干旱半干旱地区,多风沙天气,农田防护林对减少风害、增加作物产量具有重要意义。青铜峡市是宁夏农田防护林建设最完善的区域。为了解当地农田防护林的

收稿日期:2023-09-15

基金项目:国家重点研发计划课题(2021YFC3201205);宁夏重点研发计划项目(2021BBF02001,2021BBF02012,2022BBF02026)。

第一作者:张嘉敏(1996—),女,硕士研究生,从事水土资源高效利用研究。E-mail:zhangjiamin0926@163.com。

通信作者:何俊(1983—),男,博士,副研究员,从事水土资源高效利用与生态治理。E-mail:hejun3025@163.com。

空间分布特征,本研究基于多时序 Landsat8 OLI 遥感影像以及 NDVI 不同训练阈值进行不同地物的划分,进而提取农田防护林,并将野外调查数据和土地利用类型数据相结合,对提取的农田防护林进行精度评价,为今后农田防护林的监测、更新和如何建设提供技术手段和依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

本研究选择宁夏青铜峡市(37°36'N~38°15'N, 105°21'E~106°21'E)为研究区(图 1)。青铜峡市位于吴忠市,处于宁夏回族自治区中部,地势由西南向东北降低,呈现阶梯状分布,属中温带大陆性气候,四季分明,昼夜温差较大,年日照时数达 3 044.1 h,年降水量 177.8 mm。研究区内大部分农作物在 4 月—5 月播种,8 月—9 月收割。研究区内防护林以落叶阔叶林为主,大部分属于农田防护林,其中新疆杨占比最大。其中,研究区西部及南部为山区,植被主要为草本植物。

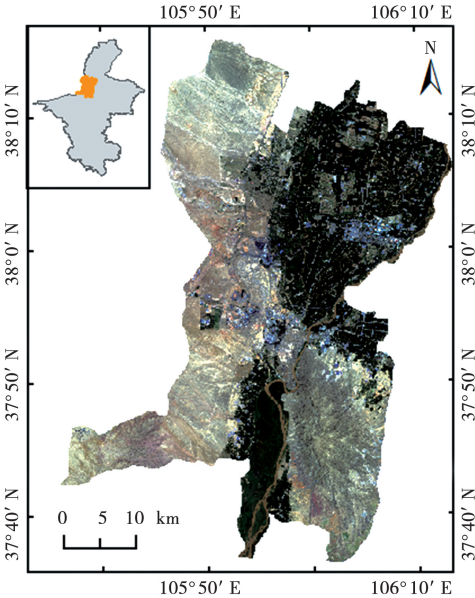


图 1 研究区位置

1.2 数据来源

1.2.1 遥感数据 在 2019 年的影像中选取 7 期(1 月 31 日、4 月 21 日、6 月 8 日、7 月 26 日、8 月 11 日、10 月 30 日、11 月 15 日,轨道号为 129034,时相为 16 d)可以代表不同季节明显特征的 Landsat8 OLI(表 1)影像数据作为提取农田防护林的影像数据,对影像进行大气校正和辐射定标处理。但受云量的影响,所得数据缺少 2 月、3 月、

5 月、9 月、12 月 5 个月份,但植被生长关键部分时间序列数据完整,非作物生长时期的影像也可保证完整时序曲线的构建和关键物候期参数的提取。

表 1 Landsat8 OLI 影像数据基本信息

日期	轨道号		时相/d	空间分辨率
	条带号	行编号		
1 月 31 日	129	034	16	30
4 月 21 日	129	034	16	30
6 月 8 日	129	034	16	30
7 月 26 日	129	034	16	30
8 月 11 日	129	034	16	30
10 月 30 日	129	034	16	30
11 月 15 日	129	034	16	30

1.2.2 样地设计与野外调查 为使样地与影像像元相匹配,因此将样地设置为 30 m×30 m。为保障样地布设结果真实可信,在研究区内选择 502 个林地抽样样本、71 个水体样本和 102 个靠近水体的非水体样本,并于 2021 年 3 月 21 日至 4 月 15 日进行野外调查,选择 502 个(其中 50 个为精度验证样本)调查样点作为精度的验证样本。

1.2.3 遥感数据预处理 通过大气校正、辐射校正和研究区域裁剪对获取的遥感影像进行预处理。

1.3 研究方法

1.3.1 基于遥感影像的研究区水体提取 数据预处理后,选择 7 月 26 日对研究区内水体进行掩膜提取,将研究区分为水体区域(包括黄河流域段、灌溉沟渠、排水沟、湿地等)和非水体区域。

基于前人研究,MNDWI 水体指数与 NDWI 水体指数相比,前者可以更好地区分影像中的阴影和水体,水体信息中混入的土壤和阴影信息较少^[19],因此本研究运用 MNDWI 特征指数提取研究区的水体信息。根据野外调查数据和地图影像数据,选取 71 个水体样本和 102 个靠近水体的非水体样本,对提取结果进行混淆矩阵,以提高提取精准度。

1.3.2 NDVI 时序曲线重构 NDVI 多时序数据可以用来提取地物信息,通过对数据进行重构使曲线更加平滑,从而减少提取时噪声等对提取结果的影响。常见的拟合方法包括 K-Y 模型^[20]、P&M 模型^[21]等。

1.3.3 基于遥感影像的研究区地物类型分类

根据研究区现有的地物现状,西南部、西部、西北部与南部山区大多为荒山裸地,在影像中可以十分清楚地看出,利用植被生长关键时期的遥感影像进行归一化植被指数(NDVI)的提取,可以根据阈值不同将其分为植被(包括耕地、林地和草地)和非植被(包括建筑用地、未利用土地和裸地)。

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (1)$$

式中,NDVI 为归一化植被指数;NIR 为近红外波段;R 为红光波段。

1.3.4 基于土地利用类型的物候参数提取 利用 Landsat8 OLI 多时序数据对研究区内植被类型进行物候参数的提取与分析。通过构建研究区内的 NDVI 多时序曲线,提取关键植被类型(包括耕地、林地)的物候信息,区分不同类型的植被。由于在本研究中提取的为研究区内的农田防护林,因此还需要将成片林地分离出来,剩下部分则为研究区的农田防护林。然后利用野外调查数据对提取结果进行精度评价与分析。

1.4 数据分析

本研究采用 ENVI 5.3、ArcGIS 2.0 和 Origin 2018 软件进行数据处理、统计分析与绘图。

2 结果与分析

2.1 植被与非植被信息提取结果与分析

在对水体进行掩膜处理后,提取 7 月 26 日研究区内除水体外剩余地物的 NDVI 值($NDVI \in [0, 1]$)信息,并通过不同的阈值对植被与非植被进行区分(图 2)。

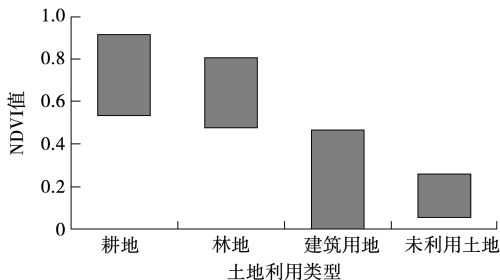


图 2 不同地物 NDVI 值分布范围

由图 2 可知,从影像中提取的 NDVI 值与实际情况相符合,研究区内植被在 7 月 26 日正处于最茂盛的时期,耕地和林地的 NDVI 值都比较高,同时其他地物的 NDVI 值之间也有明显界限,根据不同的阈值可以有效区分地物类型。耕

地和林地正是生长茂盛时期,二者的 NDVI 最小值都大于 0.4;未利用土地和建筑用地的 NDVI 值相对较低,最大值小于 0.4。根据阈值训练,利用 NDVI 植被指数可以将 4 种地类分为两大类:植被与非植被。其中将 $NDVI_{min} > 0.4$ 部分定义为植被,其余部分则为非植被,再从植被中提取农田防护林。

2.2 多时序数据支撑下的物候特征提取及地物分类

2.2.1 NDVI 时序曲线重构 本研究采用多项式函数拟合对时间序列曲线进行重构(图 3)。重构后耕地的拟合精度为 77.00%,林地的拟合精度为 92.00%。与拟合之前的曲线相比较,拟合之后的 NDVI 时序曲线在保持原有曲线走向与形状的基础上变得光滑,重构后的曲线可以更清晰地描述一年中林地和耕地物候特征随季节变化的特征。

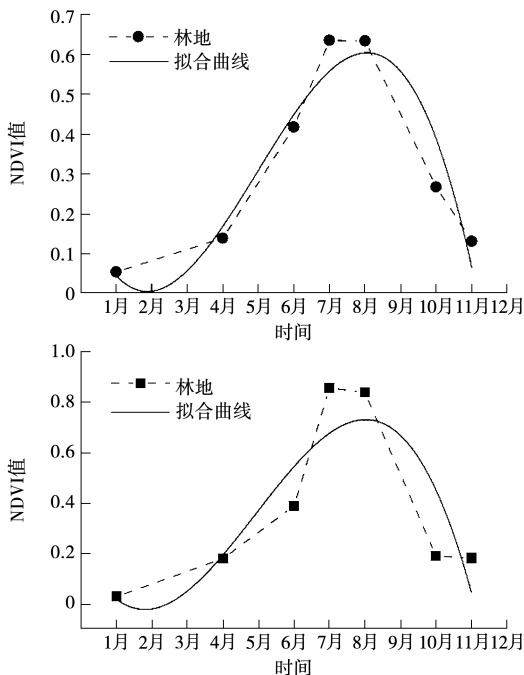


图 3 两种地物的 DNV 时间序列曲线

由图 3 可知,林地与耕地的 NDVI 时间序列曲线趋势大致相同,但也有不同的特征。图中二者都有明显的生长季,都在 5 月到 8 月植被生长速度最快,且在 8 月份达到植被最茂盛的时间段,并在一定时间段内 NDVI 值保持较高水平。就林地与耕地的生长速度比较而言,林地在生长季 NDVI 值的变化幅度较大,从 0.1 以下增加至 0.6 附近,而耕地的增长幅度比林地小,但较林地大,

其最大值在 0.8 附近。生长季过后,二者的 NDVI 值都开始呈减少趋势,耕地的值减少至接近 0;虽然林地的值也不断减小,但由于始终保持植被特征,不会降为 0。

2.2.2 物候参数提取 利用拟合后的时间序列曲线提取植被的物候参数。以耕地为例,提取了的 6 个物候参数,且用 a 至 e 表示(图 4,表 2),其中 a 代表作物生长季的起始期,是 NDVI 在拟合曲线上的增长速率开始明显提高;b 代表作物达到生长顶峰,说明 NDVI 在拟合曲线上达到最高,此时植物也达到生长的顶峰;c 代表生长季末期,是 NDVI 在拟合曲线上减少的速率出现明显降低;d 代表生长顶峰与生长起始期的差值;e 代表生长顶峰与生长末期的差值,统称为生长幅度;f 代表生长季长度,用生长末期与生长起始期的差值来表示。

由图 4 中可知,从 5 月份开始耕地的 NDVI 值快速升高,并在 8 月份达到最大值,此时正值农作物的生育期。9 月份开始耕地的 NDVI 值快速下降,因为研究区大部分耕地种植作物为玉米,9 月—10 月玉米进入成熟期,开始收获,耕地的 NDVI 值急速下降。

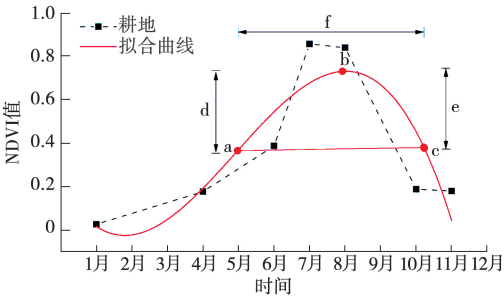


图 4 以耕地为例的物候参数示意图

表 2 地物物候参数

符号	物候参数	定义
a	生长季起始期	NDVI 增长速率开始出现明显提高的时间
b	生长顶峰	NDVI 在拟合曲线上达到顶峰
c	生长季末期	NDVI 减少速率开始明显降低的时间
d	生长幅度	生长顶峰与生长季起始期差值
e	生长幅度	生长顶峰与生长季末期之间的差值
f	生长季长度	生长季末期与起始期的差值

2.2.3 地物类型识别 由图 5 可知,将耕地与林地的时间序列图进行对比。研究发现,二者的 NDVI 时间序列曲线变化趋势相似,但与林地相比,耕地有较明显的生长幅度(d)和较大的生长顶峰(e),因此耕地比林地更容易确定生长季长度(f);

除生长季之外,耕地的地表植被覆盖度较林地低,NDVI 值都低于 0.2,更容易将耕地从地物类型中分离出来。设置当 $a>0.6$ 且 $d>0.2$ 时,耕地就可以从植被中被分离,进而提取林地。利用时序曲线提取的物候参数将林地与耕地进行分离,能有效减少二者间的异物同普和同物异普现象,降低提取过程中耕地对提取结果的干扰。

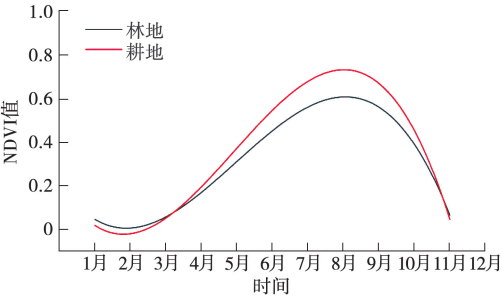


图 5 耕地与林地 NDVI 时序图对比

2.3 青铜峡市农田防护林提取结果与分析

在提取林地信息后,剔除其他林地,得到防护林提取信息。通过野外调查可以发现,青铜峡市农田防护林主要包括防护林带、防护林网和部分片状防护林,其他林地主要包括城市绿化林地、苗木基地、树新林场成片林地和河边湿地林地等。由图 6 可知,将青铜峡市 502 个林地的野外调查点与土地利用类型图相结合,对林地提取结果进行精度评价。评价结果表明,青铜峡市林地提取精度为 85.16%。

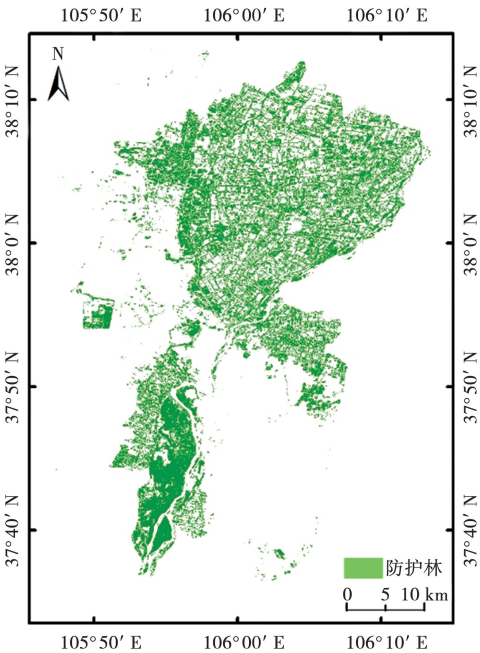


图 6 青铜峡市林地空间分布

剔除其他林地后,由图 7 可以看出,青铜峡市农田防护林多呈林带的形式,并且主要沿排水沟分布,并且还存在少数林网和部分片状林地。进一步用野外调查数据对防护林的提取结果进行精度评价,结果表明,50 个野外样点中有 44 个样点被准确提取,提取精度达到 88.00%。

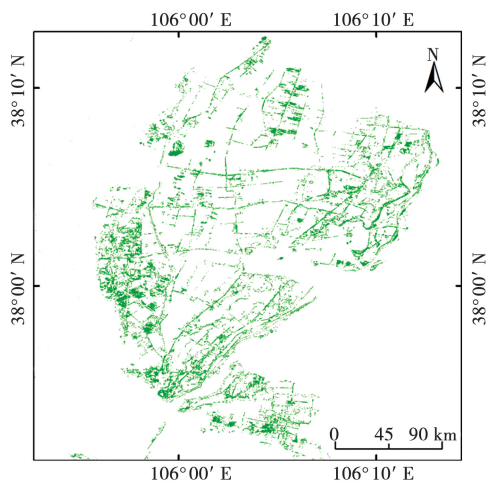


图 7 青铜峡市农林防护林空间分布

3 讨论

研究表明,通过对不同地类进行时间序列曲线重构分析,可以明确不同地类的物候变化规律,有效提取不同植被的物候信息。通过多时序遥感影像提取的植被物候信息,可以减少提取时非植被信息对提取结果的影响,很好地减少了单期影像提取植被信息的同普异物和同物异谱现象。通过对不同时间段内同一地物信息的提取,即使影像精度不高,也可以准确判断地物类型,进一步提高地物信息的提取精度^[13]。

与其他土地利用类型相比较,除了少数片状分布的防护林,宁夏青铜峡市农田防护林以线状、网状为主,且大范围的农田防护林以带状为主,沿着排水沟分布。多数学者在高分影像的基础上对农田防护林的形态特征进行提取,包括使用 UNet 模型^[22]、运用决策树^[23]等方法进行提取。在后期的深入研究中,可以运用不同分辨率的多时段遥感影像对农田防护林进行信息提取,减少提取过程中的干扰因子,提高提取精度,确定适合不同地区、不同类型防护林的提取方法,对农田防护林的长期监测和更新建设提供基础和技术支持。

本研究中利用分辨率为 30 m 的 Landsat8 OLI 遥感影像数据,虽然利用多时序影像对地物进行分层掩膜提取,最终提取农田防护林。但选取影像过程中受云量影响较大,一年中可用影像较少。在今后研究中需要利用高分影像,将两种方法相结合,进一步提高提取精度。也可利用遥感影像分析农田防护林内不同作物种植面积、农田防护林对防护林网内作物生长及产量的影响。

4 结论

(1)在提取归一化植被指数的基础上,利用时间序列曲线可以有效提取地物物候参数。根据作物和树木的生长季长度、生长幅度等物候参数的差别,可以有效区分耕地与林地,降低干扰性,提高精度。结合野外调查样点和该地区土地利用类型图进行精度评价。结果表明,青铜峡市林地提取精度为 85.16%。

(2)多时序遥感影像提取农田防护林可以有效提高提取精度。结合野外调查情况,50 个采样点中有 44 个被准确提取,提取精度达到 88.00%。

(3)青铜峡市农田防护林多以林带的形式呈现,并且主要沿排水沟分布,还有少数的林网和部分片状林地。

参考文献:

- [1] BRANDLE J R, HODGES L, ZHOU X H. Windbreaks in North American agricultural systems[J]. *Agroforestry Systems*, 2004, 61(1): 65-78.
- [2] 姜凤岐,周新华,付梦华,等. 林带疏透度模型及其应用[J]. *应用生态学报*, 1994, 5(3): 251-255.
- [3] ZHAN K J, LIU S Z, YANG Z H, et al. Effects of sand-fixing and windbreak forests on wind flow: a synthesis of results from field experiments and numerical simulations[J]. *Journal of Arid Land*, 2017, 9(1): 1-12.
- [4] ZHANG W, WANG B J, GAN Y W, et al. Competitive interaction in jujube tree/cotton agroforestry system in Xinjiang Province, Northwestern China[J]. *Agroforestry Systems*, 2019, 93(2): 591-605.
- [5] 聂哲. 区域尺度农田防护林的气候效应及对农作物增产机制的研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2020.
- [6] KANZLER M, BÖHM C, MIRCK J, et al. Microclimate effects on evaporation and winter wheat (*Triticum aestivum* L.) yield within a temperate agroforestry system[J]. *Agroforestry Systems*, 2019, 93(5): 1821-1841.
- [7] 宁亮亮, 张晓丽. 基于纹理信息的 Landsat-8 影像植被分类初探[J]. *中南林业科技大学学报*, 2014, 34(9): 60-64.
- [8] 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.

[9] 幸泽峰,李颖,邓荣鑫,等. 基于 ZY-3 影像的农田防护林自动提取[J]. 林业科学, 2016, 52(4):11-20.

[10] 凌成星,刘华,纪平,等. 基于无人机影像 VDVI 指数的植被覆盖度估算:以陕西神木防护林工程研究区为例[J]. 森林工程, 2021, 37(2):57-66.

[11] 申丽娜,孙艳玲,杨艳丽,等. 基于 NDVI 的三北防护林工程区植被覆盖度变化图谱特征[J]. 环境科学与技术, 2017, 40(4):70-77, 106.

[12] 郭海涛,张保明,徐青. 一种从遥感影像中自动提取线状目标的方法[J]. 信息工程大学学报, 2004, 5(4):83-88.

[13] 王文娟,邓荣鑫,李颖,等. TM 与 SPOT5 数据对农田防护林景观评价影响的对比分析[J]. 东北林业大学学报, 2011, 39(9):54-56.

[14] 刘新宇,刘洋. 面向对象的高分影像房屋提取方法对比分析[J]. 网络安全技术与应用, 2020(9):35-38.

[15] BOSE P, KASABOV N K, BRUZZONE L, et al. Spiking neural networks for crop yield estimation based on spatiotemporal analysis of image time series[J]. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2016, 54(11):6563-6573.

[16] 周佳玮,涂理林,陈洪建,等. 融合空间和时序遥感信息的深度学习水稻提取[J]. 地理空间信息, 2022, 20(2):39-44.

[17] 陈健,刘云慧,字振荣. 基于时序 MODIS-EVI 数据的冬小麦种植信息提取[J]. 中国农学通报, 2011, 27(1):446-450.

[18] 平跃鹏,臧淑英. 基于 MODIS 时间序列及物候特征的农作物分类[J]. 自然资源学报, 2016, 31(3):503-513.

[19] 雷思君,孙华,刘华,等. Landsat8 时间序列影像支持下的农田防护林提取方法研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2020, 40(4):57-63.

[20] 叶衍昌,赵东红,李小娟. 高斯平滑算子对 Y-K 模型改进的图像去噪方法[J]. 软件导刊, 2013, 12(11):161-164.

[21] 蔡银珊,黄英铭. 基于 P&M 模型的图像去噪平滑处理算法[J]. 计算机仿真, 2011, 28(8):256-258, 279.

[22] 王学文,赵庆展,田文忠,等. U-Net 模型对不同空间分辨率防护林提取精度的影响[J]. 测绘通报, 2021(6):39-43.

[23] 吕雅慧,张超,郇文聚,等. 高分辨率遥感影像农田林网自动识别[J]. 农业机械学报, 2018, 49(1):157-163.

Extraction of Farmland Shelter Forest in Qingtongxia City of Ningxia Based on Landsat8 Time Series

ZHANG Jiamin¹, HE Jun^{1,2,3}, GAO Fudong¹, LI Min¹, SUN Zhaojun^{1,2,3}, LI Qian^{1,2,3}, NAN Feishan¹

(1. School of Geography and Planning, Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 2. China-Arab Joint International Research Laboratory for Featured Resources and Environmental Governance in Arid Regions, Yinchuan 750021, China; 3. Key Laboratory of Resource Evaluation and Environmental Regulation in Arid Region of Ningxia, Yinchuan 750021, China)

Abstract: Farmland shelter forest plays an important role in protecting the northwest windy and sandy areas and provides a good growth environment for crops. To understand the spatial distribution characteristics of farmland shelterbelt, it is necessary to extract the shelter forest effectively. It is an important way to extract the farmland shelter forest by using the medium and low-resolution remote sensing data. In this study, farmland shelterbelt in Qingtongxia City, Ningxia as the research object. In the 2019 image, seven periods of Landsat8 OLI image data which can represent the characteristics of four quarters were selected to reconstruct the time series curve. On the basis of image preprocessing, water body index, vegetation characteristics and vegetation index were integrated, the phenological characteristics of vegetation were extracted, and other features in the study area were removed by mask, in order to achieve the extraction of farmland shelterbelt. At the same time, the accuracy of the extraction results is evaluated by using the field survey results and land use data. The results showed that, the overall accuracy of shelter forest extraction was 85.16%, and 44 out of 50 sampling sites were accurately extracted with 88.00% accuracy. Farmland shelterbelts in Qingtongxia City are mostly presented in the form of forest belts, which are mainly distributed along drainage ditches.

Keywords: multi-temporal remote sensing images; Qingtongxia City; phenological characteristics; field safeguarding forest; Landsat8 OLI