doi: 10.6046/gtzyyg.2020.03.27

引用格式:杨欢,邓帆,张佳华,等.基于 MODIS EVI 的江汉平原油菜和冬小麦种植信息提取研究[J].国土资源遥感,2020,32 (3):208-215. (Yang H, Deng F, Zhang J H, et al. A study of information extraction of rape and winter wheat planting in Jianghan Plain based on MODIS EVI[J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2020,32(3):208-215.)

# 基于 MODIS EVI 的江汉平原油菜和 冬小麦种植信息提取研究

杨 欢<sup>1</sup>, 邓 帆<sup>1</sup>, 张佳华<sup>2</sup>, 王雪婷<sup>1</sup>, 马庆晓<sup>1</sup>, 许 诺<sup>1</sup> (1.长江大学地球科学学院,武汉 430100; 2.中国科学院空天信息创新研究院,北京 100094)

摘要:两种生育期相近的作物在遥感识别时容易造成混淆,给作物识别和面积提取工作带来困难。针对这一问题, 以江汉平原为研究区,根据不同地物的 MODIS EVI 时序曲线,结合地物本身的光谱特征和农作物物候信息,利用决 策树和二次差分法相结合方法提取 2010 年江汉平原油菜和冬小麦的种植面积。结果表明,与统计数据相比,研究 区油菜和冬小麦种植面积遥感提取结果的总体精度分别为 93.7% 和 87.1%;市(县、区)水平上,油菜与统计数据 的相关系数 *R*<sup>2</sup>为 0.88,冬小麦为 0.90。本研究能够较准确地识别生育期相近的油菜和冬小麦,从而获得较好的种 植面积提取结果,具有一定的普适性,可为江汉平原的油菜和冬小麦监测及估产提供技术支持。

关键词:油菜;冬小麦;面积提取;MODIS EVI;江汉平原

中图法分类号: S 127; TP 79 文献标志码: A 文章编号: 1001-070X(2020)03-0208-08

## 0 引言

作物种植面积和空间分布信息关系到全球作物 变化、粮食安全以及农业可持续发展,影响到国家和 政府部门粮食政策的制定、调整和优化<sup>[1-2]</sup>。江汉 平原是全国重要的农产品生产基地,及时、准确地提 取农作物种植面积意义重大<sup>[3]</sup>。

遥感具有宏观性、数据易获取和信息量大等传 统调查不具备的优势,已被广泛应用于作物种植面 积提取研究<sup>[4]</sup>。利用作物生长关键期的中高分辨 率数据能够得到较高的提取精度,但受重访周期影 响很难获取适时的关键期影像,并且窄幅宽难以实 现大范围的作物监测<sup>[5-6]</sup>。AVHRR 多时相数据曾 在作物宏观持续监测研究中得到广泛应用<sup>[7-8]</sup>,但 由于影像空间分辨率低难以保证提取精度。近年 来,MODIS 遥感影像因其高时间分辨率、中等空间 分辨率、大幅宽的综合优势被广泛应用在作物种植 面积提取研究中<sup>[1]</sup>。其中,植被指数产品能够获取 覆盖作物完整生育期的时序数据,良好的作物识别 和持续监测能力使其在农作物种植面积提取方面占 有重要地位<sup>[9]</sup>。目前,国内外利用 MODIS 植被指数 获取作物分布信息的研究方法,已经发展出阈值 法<sup>[10]</sup>、相似性度量法<sup>[11]</sup>、物候特征参数法<sup>[12]</sup>、混合 像元分解法<sup>[13]</sup>和二次差分法<sup>[14]</sup>等。其中,二次差 分法可以快速提取出曲线上的峰谷点,因此对于区 分时序曲线上具有明显"峰"或"谷"状特征的作物 更具优势。从目前国内的研究成果来看,利用 MO-DIS 植被指数时序数据对油菜、冬小麦、水稻等单种 农作物的种植信息研究较多<sup>[13,15-16]</sup>,而对生长重合 期较长的两种作物的遥感识别甚少。

江汉平原油菜和冬小麦的生育期相似,在遥感 识别时容易造成混淆。因此文章以江汉平原为研究 区,使用 MODIS 增强型植被指数(enhance vegetation index,EVI)时序数据集,依据不同地物的 MODIS EVI 时序曲线特征,采用决策树和二次差分法相结 合的方法提取研究区油菜和冬小麦种植面积。

1 研究区概况及数据源

#### 1.1 研究区概况

江汉平原位于湖北省中南部(N29°26'~31°36',

收稿日期: 2019-09-18;修订日期: 2019-12-30

基金项目:国家自然科学基金项目"遥感、作物模型耦合土壤多层水平衡与根系垂直分布模拟干旱对作物产量的影响"(编号: 41871253)资助。

第一作者:杨 欢(1995-),女,硕士研究生,主要从事农业与土地利用遥感方面的研究。Email: yanghuan1105@163.com。

通信作者:张佳华,男,教授,博士生导师,主要从事资源与生态环境遥感方面的研究。Email: zhangjh@ radi. ac. cn。

E111°15′~114°5′),地处长江中游,是湖北省的粮 食主产区,对湖北省农业发展和社会经济发展起着 至关重要的作用,因此本文选取江汉平原为研究区, 提取主要作物面积(图1)。研究区总面积为34668 km<sup>2</sup>, 占全省面积的19%。该区属亚热带季风气候,四季 分明,雨水充沛,光热资源丰富,利于油菜、小麦、水 稻等作物的生长。研究区内主要的越冬作物为油菜 和冬小麦,二者生育期相近,生长重叠期达7个月 (表1)。文章选取荆门市沙洋县作为参考区,获取 油菜种植分布信息(图1)。该区位于江汉平原中部 (N30°23′~30°55′,E112°02′~112°42′),地势平坦, 种植结构相对单一,油菜和冬小麦为主要的夏收作 物。其中,油菜种植面积约41.62 ×10<sup>3</sup> hm<sup>2</sup>,是冬 小麦种植面积的2.5倍<sup>[17]</sup>。利用该区进行油菜分 布信息的遥感识别能一定程度上减少"同物异谱"

## 和"异物同谱"的几率。







				r										
种类	一月	二月	三月	四月	Ŧī	月 7	≒月	七月	八月	九月	十月	+	月	十二月
油菜	越冬	蕾薹	开花	结荚	成熟	收获					播种	苗期	]	苗期
冬小麦	越冬	分剪	寁 拔 <sup>=</sup>	市	抽穗	成熟收获				-		播种		苗期

## 1.2 数据源及预处理

本研究使用的数据主要包括:①30 m 空间分 辨率 Landsat7 ETM+ 影像(https://glovis.usgs. gov),考虑到 Landsat7 数据丰富、易获取的优点,根 据作物物候特征和影像质量,选取 2009 年 10 月 23 日、11 月 08 日和 2010 年 3 月 16 日共 3 景含云量小 于 5% 的沙洋县区域(124/39)影像。已利用 EN-VI5.3 软件进行去条带、辐射校正、大气校正及裁剪 等预处理。②MODIS 16 d 合成 MOD13Q1 数据集 (http://search.earthdata.nasa.gov),时间跨度为 2009—2010 年,空间分辨率为 250 m,共 15 期,该影 像集涵盖了研究区(h27v05,h27v06)油菜和冬小麦 的主要生育期(10月16日—5月25日)。使用 MRT软件完成影像集的拼接、投影转换及重采样。 ③统计数据(来源于湖北省统计局),包括2010年 荆州市、荆门市、仙桃市、天门市和潜江市5个省直 管市,以及荆州市的8个县(市、区)和荆门市的5 个县(市、区)的油菜和冬小麦种植面积统计资料。

## 2 研究方法

提取油菜和冬小麦的流程如图2所示。首先,



图 2 油菜、冬小麦遥感提取流程图 Fig. 2 Flow chart of remote sensing extraction of rape and winter wheat

利用支持向量机<sup>[18]</sup>(support vector machine, SVM) 提取参考区油菜种植分布信息;然后将提取的油菜 分布图与 MODIS EVI 时序数据做掩模处理,得到江 汉平原油菜 EVI 时序曲线;再通过遥感影像目视解 译并参考地物本身的光谱特征得到包括冬小麦在内 其他4种地物的 MODIS EVI 时序曲线;最后,以这 5条时序曲线为依据,利用决策树<sup>[18]</sup>结合二次差分 法<sup>[14]</sup>对研究区进行分类,提取江汉平原油菜和冬小 麦种植面积。

### 2.1 参考区油菜提取方法

油菜和冬小麦是湖北省种植面积最大的两种越 冬作物,二者从播种到收获具有相似的物候期(表 1)。其中3月中旬它们分别处于开花期和拔节期, 在影像上均表现为植被信息,而此时玉米、棉花、早 稻等秋收作物由于还未播种则表现为裸地信息,因 此利用3月中旬可将越冬作物和其他作物区分开; 油菜和冬小麦10月下旬均处于播种期,在遥感影 像上表现为裸地信息;而11月上旬则分别处于苗 期和播种期,影像上分别为植被、裸地信息,利用11 月上旬可区分油菜和冬小麦。综上,提取参考区10 月23日裸地信息、11月8日和3月16日的植被信 息,采用空间交集<sup>[19]</sup>获取参考区油菜种植面积。具 体提取步骤为:

1)利用 SVM 方法对参考区 3 个不同时相的 Landsat7 ETM+影像进行分类。通过目视解译将 10 月 23 日和 11 月 8 日两景影像分为植被、建筑用地、 水体和裸地 4 类地物; 3 月 16 日的林地与其他植被 在假彩色合成图上差异明显,因此将该时相影像的 植被细分为其他植被和林地两种类别,共得到 5 类 地物。

2)分别提取 ETM+影像中 10 月 23 日裸地、11 月 8 日植被、3 月 16 日其他植被,并做空间交集运 算,得到大致的油菜种植区域;将种植区域中水体 周围的油菜像元剔除,以免将水体误分为油菜,最后 得到参考区油菜种植面积。

## 2.2 二次差分法

二次差分法能够根据时序曲线上峰谷点的差异 快速区分油菜和冬小麦,以达到提取二者种植面积 的目的。

对于 n 个时相的 EVI 时序数据,每一个像元构 成含有 n 个元素的离散 EVI 系列 S 。用系列 S 的后 一元素值减去前一元素值得到共含有 n - 1 个元素 的系列 S<sub>1</sub>,即

$$S_1 = \operatorname{diff}(S) , \qquad (1)$$

式中 diff 为计算前后两个元素差值的函数。然后将

系列  $S_1$  按照式(2)进行符号判断,如果元素值大于 或等于 0 则重新赋值为 1,小于 0 则赋值为 -1,得到 只含有 1 和 -1 的系列  $S_2$ ,即

$$S_2 = \operatorname{Sign}(S_1) , \qquad (2)$$

式中 Sign 为判断元素值符号的函数。最后,再对 S<sub>2</sub> 进行后一时相对前一时相的减法操作,即

$$S_3 = \operatorname{diff}(S_2)_{\circ} \tag{3}$$

得到含有 n - 2 个元素的系列  $S_3$ ,并在该系列 的首尾分别用 0 补充,最终得到含有 n 个元素的新 系列  $S_4$ 。在  $S_4$ 中,元素值由 2,0, - 2 组成,值为 - 2 的像元位置为波峰,值为 2 的像元位置为波谷。

## 3 结果与分析

## 3.1 不同地物时序 EVI 曲线

基于关键期 ETM+数据提取的参考区油菜种植 面积分布如图 3 所示。油菜像元总数为 427 870 个,计算得到油菜种植面积为 38.5×10<sup>3</sup> hm<sup>2</sup>,经统 计年鉴<sup>[17]</sup>验证,提取精度达到了 92.5%,提取结果 空间分布与尤慧等<sup>[10]</sup>在沙洋县提取的油菜种植空 间分布也基本保持一致。表明在地势平坦、种植结 构单一的区域,利用关键期 ETM+影像提取油菜种 植面积能获得较高精度。





MODIS EVI 时序影像中的油菜、冬小麦、水体、 建筑用地、林地按每个地类分别取平均值,得到5种 不同地物的 EVI 时序曲线(图4)。油菜时序曲线由 沙洋县油菜分布图与 EVI 时序图进行掩模得到。 冬小麦 EVI 时序曲线通过在荆门市、荆州市和天门 市的冬小麦集中种植区各选择 15 个像元得到。建 筑用地、林地和水体在遥感影像上容易识别和区分, 所以通过各选择研究区内 15 个像元来获得相应的 时序曲线。



图 4 江汉平原不同地物时序 EVI 曲线 Fig. 4 EVI curve of different geomorphic time series in Jianghan Plain

- 3.2 江汉平原提取结果及验证
- 3.2.1 决策树分类结果

水体、建筑用地和林地的 EVI 时序曲线之间有

着明显的差别(图4),易于区分,利用决策树分类方 法将这3种地物进行剔除。水体和建筑用地的EVI 整体水平较低,变化趋势缓慢,形状较为相似,但水 体EVI低于建筑用地,且有负值出现。林地由于在 春夏和秋冬交界时EVI波动较大,最低0.16,最高 能达0.55,形成一条独特的"两头高中间低"的时 序曲线。而油菜和冬小麦由于表现出较强的季节性 特征,时序曲线与其他3种地物有着明显的差异。 依据以上不同地物的时序EVI特征可设计决策树 模型图(图5),判别规则如下:①在EVI时间序列 中,只要当某一个像元值存在负数,或者10月16日 至2月2日的EVI值均小于0.1时,判定为水体; ②当3月22日、4月7日和4月23日的EVI值均小 于0.35,且10月16日的EVI值小于0.15时,判定 为建筑用地;③当10月16日的EVI值大于1月17



Fig. 5 Decision tree model diagram

日, 且 5 月 25 日的 EVI 大于 0. 25 时, 判定为林地。 将剔除水体、建筑用地和林地之后的地物合归为其 他植被, 得到决策树分类结果(图 6)。最后, 保留只 含其他植被类别的时序数据集 P1, 利用 P1 进行下 一步油菜和冬小麦的提取。



图 6 决策树分类结果 Fig. 6 Resulf of decision tree classification

3.2.2 差分法提取油菜和冬小麦种植面积

3月上旬至3月下旬期间,江汉平原油菜和冬 小麦的 EVI 时序曲线出现了明显的差异(图4)。 在此期间,油菜由于正处于盛花期,其 EVI 时序曲 线中3月下旬处呈现出一个明显的波谷,而此时 的冬小麦正处于快速生长的分蘖—拔节期,EVI 从 3月上旬至3月下旬都呈现出持续上升的趋势,并 没有出现 EVI 低谷的特征。因此,3月下旬是识别 油菜和冬小麦的最佳时段,利用差分法对3月22 日这一时相数据进行油菜和冬小麦的识别和 提取。

图 7(a)为提取的江汉平原油菜和冬小麦种植 面积空间分布。首先通过设置阈值剔除 P1 中的无 关植被,再利用差分法提取油菜和冬小麦种植面积。

1)根据图 4 中 EVI 时序曲线对 P1 设置阈值: ①在 2 月 18 日,油菜和冬小麦分别处于蕾薹和分蘖 期的,EVI 值均高于 0.1,与没有经历过越冬期的植 被相比,油菜和冬小麦会表现出更高的 EVI 值,所 以设置阈值 EVI<sub>0218</sub> > 0.1 来排除其他植被的干扰; 2)利用二次差分法提取 P2 在 3 月 22 日的峰值

和冬小麦的像元集,将其保存为数据集 P2。

频数(peak number, PN)(图7(b))。其中, PN为2的像元代表在3月22日这一时相上, EVI时间序列曲线刚好为波谷的作物,即油菜。在PN不等于2的像元里,除了冬小麦,还存在少量3月中下旬开始播种的农作物,这些农作物在4月初的EVI值远远低于冬小麦,因此设置阈值EVI0407 > 0.37过滤掉干扰作物,最终得到冬小麦种植面积。

京山市

↑N



↑ N

京山市

(a) 2010 平油米和令小麦面积提取结米 (b) PN 为 2 的像元的空间分 图 7 P2 中峰值频数等于 2 的像元和油菜、冬小麦空间分布

## Fig. 7 Pixels with a peak frequency equal to 2 in P2, rape and winter wheat spatial distribution map

总体来看,江汉平原油菜的种植面积比冬小 麦大。油菜主要分布在包括沙洋县、潜江市、仙桃 市和荆州区在内的中部地区,以及以江陵县、监利 市、公安县为代表的南部地区;冬小麦主要分布于 天门市、潜江市,江陵县东部、松滋市东北部以及 公安县西北部等地区。在京山市和洪湖市,油菜 和冬小麦均只有少量分布,这是由于京山市山区 较多,地形较为破碎,洪湖市水域面积大,油菜和 冬小麦分布较少。5个省直管市中,荆州市是油菜 和冬小麦两种作物均分布最多的地区,一方面由 于荆州是研究区中面积最大的市,另一方面其地 理环境以大片的平原为主体,有利于作物的生长。 3.2.3 验证结果

将 2010 年江汉平原油菜和冬小麦遥感提取总 面积与统计数据<sup>[17]</sup>进行对比(表 2)。结果表明,油 菜和冬小麦总体分类精度分别为 93.7% 和 87.1%。 与王凯等<sup>[20]</sup>结果对比,本研究的油菜提取精度明显 提高。同时,选取研究区 16 个区域的油菜和冬小麦 种植面积遥感提取结果与统计数据进行相关性分析 (表 3、图 8),油菜和冬小麦的相关系数(含荆州市和 荆门市)分别为 0.88 和 0.90,提取结果基本可靠。

表 2 基于统计数据的总面积精	度验证
-----------------	-----

Tab. 2 Verification of total area accuracy

based on statistical data

类别	统计面积/hm <sup>2</sup>	提取面积/hm <sup>2</sup>	精度/%
油菜	512 610	545 170	93.7
冬小麦	321 080	362 480	87.1

表 3 基于统计数据的相关性验证

Tab. 3 Correlation veri	ication based on statistics
-------------------------	-----------------------------

		油	菜	冬小麦			
市	去级行	统计值/	提取值/	统计值/			
	蚁区	$(10^3  hm^2)$	$(10^3  hm^2)$	$(10^3  hm^2)$	$(10^3  hm^2)$		
	荆州区	17.93	25.70	11.75	10.43		
	监利市	70.97	43.19	15.85	13.65		
	公安县	38.69	46.08	21.78	25.83		
井山山	松滋市	35.23	19.10	14.23	17.34		
ガリクロ	洪湖市	29.33	28.26	22.88	14.79		
	石首市	25.35	30.31	1.22	4.51		
	江陵县	21.35	31.10	14.20	42.14		
	沙市区	3.84	9.30	6.25	7.23		
	沙洋县	41.62	87.15	18.05	16.78		
	钟祥市	39.21	30.61	35.75	60.19		
荆门	京山市	15.36	6.15	30.38	17.23		
	东宝区	8.86	9.19	5.07	5.72		
	掇刀区	11.85	15.03	30.38	1.87		
仙桃	_	50.25	54.77	20.90	22.13		
潜江	—	35.09	72.81	30.64	35.97		
天门	_	66.10	37.21	52.56	66.79		



Fig. 8 Similarity analysis of remote sensing extraction results and statistical data

油菜和冬小麦在3月中旬的 ETM+标准假彩色 合成图上能很明显地进行区分(图9(a))。为进一 步验证 MODIS 影像提取作物空间分布信息的可靠 性,选择油菜和冬小麦分布区域较分明的荆州市江 陵县作为验证区,利用 2010 年 3 月 16 日获取的 30 m 分辨率 ETM+数据对 MODIS 提取结果进行验证(图 9(b)、图 9(c))。由于此时油菜和冬小麦分别处于 开花期和拔节期,在标准假彩色影像上表现为浅红





色和深红色,利用分类准确率较高的随机森林<sup>[21]</sup>方 法对验证区油菜和冬小麦面积进行提取,最后将 ETM+提取结果重采样到 250 m 空间分辨率,以便 与 MODIS 提取结果进行对比分析。

从图 9(b)和图 9(c)的对比情况可以看出,验 证区 MODIS 提取结果与 ETM+随机森林方法提取 结果之间具有较高的空间吻合度,说明 MODIS 提取 油菜和冬小麦空间分布信息基本可行。

## 3.3 提取方法普适性分析

同样,基于 MODIS EVI 时序数据,利用决策树和二次差分法相结合方法提取了江汉平原 2011 年油菜和冬小麦种植面积(图 10)。经统计年鉴数据<sup>[22]</sup>验证,油菜和冬小麦的总体精度分别为 93.8%和 81.0%,空间分布特征与 2010 年基本保持一致。同时对 2011 年 5 个省直管市的油菜和冬小麦面积与统计数据进行相关性分析, *R*<sup>2</sup>分别为 0.907 和 0.821。说明在不同年份间,该提取方法依然能达到较好的精度。由此,本研究构建的提取方法具有一定普适性。



图 10 2011 年油菜和冬小麦面积提取结果 Fig. 10 Rape and winter wheat area extraction results in 2011

- 4 结论与讨论
- 4.1 结论

本研究基于 MODIS EVI 时序数据,提取江汉平

原生育期相近的油菜和冬小麦种植面积。相比于单 一时相的遥感影像数据,作物完整生育期的时序植 被指数数据能够反映植被随时间的变化,结合各典 型地物的光谱、时序特征以及农作物物候信息,可以 有效实现油菜和冬小麦种植信息提取。利用决策树 的方法实现水体、建筑用地和林地的分类,能够在很 大程度上减少非植被地物对油菜和冬小麦提取的干 扰。针对生育期重合度较高的油菜和冬小麦,采用 二次差分法可以快速识别具有明显波谷的农作物像 元,以达到区分生育期较接近的油菜和冬小麦的目 的,且二者的提取面积均达到了较高的精度,经不同 年份提取结果的验证,此方法具有一定普适性。

2010年江汉平原遥感提取的油菜和冬小麦种 植面积共907 650 hm<sup>2</sup>,其中油菜545 170 hm<sup>2</sup>,冬小 麦362 480 hm<sup>2</sup>。油菜比冬小麦的种植面积大,油菜 主要分布在中部地区的沙洋县、潜江市、仙桃市和荆 州区,以及南部地区的江陵县、监利市和公安县;冬 小麦主要分布在中部的天门市和潜江市,南部的江 陵县东部、松滋市东北部以及公安县西北部。而在 江汉平原西北部、京山市、洪湖市,油菜和冬小麦均 只有少量分布。在5个省直管市中,荆州市是油菜 和冬小麦两种作物均分布最多的地区。

本研究对于大范围的遥感提取效果较好,2010 年油菜和冬小麦的总体精度分别达到了 93.7% 和 87.1%,油菜比冬小麦的提取效果好;而从市(县、 区)尺度来看,油菜和冬小麦遥感提取效果与统计 数据的相关性分别为 0.88 和 0.90,冬小麦的相关 性更高些。

#### 4.2 讨论

由于不同的气候条件会导致各个地区作物的生 长速率及长势存在一定的差异,因此使用同一套判 别规则进行作物提取会存在一定误差。再加上 MO-DIS 影像 250 m 分辨率所导致的混合像元的存在, 作物识别和提取精度有待进一步的提高。为此,探 求区域地理环境差异和混合像元这两个因素对提取 精度的影响是本研究下一步工作的重点。

### 参考文献(References):

[1] 胡 琼. 基于时序 MODIS 影像的农作物遥感识别方法研究[D]. 北京:中国农业科学院,2018:17-33.

Hu Q. Research on crop remote sensing recognition method based on time series MODIS image[D]. Beijing; Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2018:17 - 33.

- [2] Wu B, Gommes R, Zhang M, et al. Global crop monitoring: A satellite - based hierarchical approach [J]. Remote Sensing, 2015, 7 (4):3907 - 3933.
- [3] 张 煦. 基于 MODIS NDVI 时间序列数据的油菜识别与复种

指数提取[D]. 武汉:华中农业大学,2015:6-11.

Zhang X. Identification of rapeseed and multiple cropping index based on MODIS – NDVI time series data [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2015:6 – 11.

 [4] 梁益同,万 君.基于 HJ-1A/B-CCD 影像的湖北省冬小麦和 油菜分布信息的提取方法[J].中国农业气象,2012,33(4): 573-578.

Liang Y T, Wan J. Extraction method of winter wheat and rape distribution information in Hubei Province based on HJ - 1A/B - CCD image [J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2012, 33 (4):573 - 578.

- [5] 潘耀忠,李 乐,张锦水,等.基于典型物候特征的 MODIS EVI 时间序列数据农作物种植面积提取方法——小区域冬小麦实 验研究[J].遥感学报,2011,15(3):578-594.
  Pan Y Z,Li L,Zhang J S, et al. Extraction method of crop planting area based on typical phenological characteristics of MODIS - EVI time series data:Experimental study on winter wheat in small area [J]. Journal of Remote Sensing,2011,15(3):578-594.
- [6] 李卫国,李 花,王纪华,等. 基于 Landsat/TM 遥感的冬小麦长势分级监测研究[J]. 麦类作物学报,2010,30(1):92-95.
  Li W G,Li H, Wang J H, et al. Study on the grading monitoring of winter wheat growth based on Landsat/TM remote sensing[J].
  Journal of Triticeae Crops,2010,30(1):92-95.
- [7] Jakubauskas M E, Legates D R, Kastens J H. Crop identification using harmonic analysis of time – series AVHRR NDVI data [J].
   Computers & Electronics in Agriculture, 2002, 37(1):127 – 139.
- [8] Hill M J, Donald G E. Estimating spatio temporal patterns of agricultural productivity in fragmented landscapes using AVHRR ND-VI time series [J]. Remote Sensing of Environment, 2003, 84(3): 367 - 384.
- [9] 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. Research on planting information extraction of main crops based on MODIS timing NDVI[J]. Journal of Natural Resources, 2017, 32(10):1808 - 1818.

- [10] 尤 慧,苏荣瑞,肖玮钰,等. 基于 MODIS EVI 时序数据的江汉 平原油菜种植分布信息提取[J]. 国土资源遥感,2018,30(1): 173-179. doi:10.6046/gtzyyg.2018.01.24.
  You H, Su R R, Xiao W Y, et al. Extraction of Jianghan Plain oil vegetable planting distribution information based on MODIS EVI time series data [J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2018,30(1):173-179. doi:10.6046/gtzyyg.2018.01.24.
- [11] Lhermitte S, Verbesselt J, Verstraeten W W, et al. A comparison of time series similarity measures for classification and change detection of ecosystem dynamics [J]. Remote Sensing of Environment, 2011,115(12):31-52.
- [12] 康 峻,侯学会,牛 铮,等. 基于拟合物候参数的植被遥感决策 树分类[J].农业工程学报,2014,30(9):148-156.
  Kang J,Hou X H,Niu Z, et al. Vegetation remote sensing decision tree classification based on fitting phenological parameters [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2014,30(9):148-156.
- [13] 张 煦,马 驿,郑 雯,等. 基于时序 MODIS NDVI 的油菜种植 面积变化趋势分析——以江汉平原为例[J]. 长江流域资源与

环境,2016,25(3):412-419.

Zhang X, Ma Y, Zheng W, et al. Analysis of the change trend of rapeseed planting area based on time series MODIS – NDVI: Taking Jianghan Plain as an example [J]. Journal of Yangtze River Resources and Environment, 2016, 25(3):412-419.

[14] 申健,常庆瑞,李粉玲,等.基于时序NDVI的关中地区冬小麦种植信息遥感提取[J].农业机械学报,2017,48(3):215-220,260.

Shen J, Chang Q R, Li F L, et al. Remote sensing extraction of winter wheat planting information in Guanzhong area based on time series NDVI[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 2017, 48(3):215 - 220, 260.

[15] 张 莎,张佳华,白 雲,等. 基于 MODIS - EVI 及物候差异免阈
 值提取黄淮海平原冬小麦面积[J].农业工程学报,2018,34
 (11):150-158.

Zhang S, Zhang J H, Bai Y, et al. Extraction of winter wheat area in Huanghuaihai Plain based on MODIS – EVI and phenological difference threshold extraction [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2018, 34(11):150–158.

- [16] 王琳,景元书,杨沈斌.基于多时相遥感数据提取水稻种植面积的研究[J].中国农业资源与区划,2013,34(2):21-26.
  Wang L, Jing Y S, Yang S B. Study on extraction of rice planting area based on multi temporal remote sensing data[J]. China's Agricultural Resources and Zoning,2013,34(2):21-26.
- [17] 湖北省统计局. 湖北统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社, 2010.

Hubei Provincial Statistics Bureau. Hubei statistical yearbook [M]. Beijing: China Statistics Press, 2010.

[18] 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. Sentinel – 2A image crop extraction method based on decision tree and SVM [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery, 2018, 49 (9):146 – 153.

- [19] 王雪婷,张 莎,邓 帆,等. 基于作物空间物候差异提取黄淮海 夏玉米种植面积[J].中国农业气象,2019,40(10):647-659.
  Wang X T, Zhang S, Deng F, et al. Extraction of summer maize planting area in Huang - Huai - Hai based on differences in crop space phenology [J]. China Agricultural Meteorology, 2019,40 (10):647-659.
- [20] 王 凯,张佳华.基于 MODIS 数据的湖北省油菜种植分布信息 提取[J]. 国土资源遥感,2015,27(3):65 - 70. doi:10.6046/ gtzyyg.2015.03.12.
   Wang K,Zhang J H. Extraction of rapeseed planting distribution in-

formation based on MODIS data in Hubei Province [J]. Remote Sensing for Land and Resources, 2015, 27(3):65 - 70. doi:10. 6046/gtzyyg. 2015.03.12.

- [21] 贺原惠子,王长林,贾慧聪,等. 基于随机森林算法的冬小麦提取研究[J]. 遥感技术与应用,2018,33(6):1132-1140.
  He Y H Z, Wang C L, Jia H C, et al. Research on winter wheat extraction based on random forest algorithm [J]. Remote Sensing Technology and Application,2018,33(6):1132-1140.
- [22] 湖北省统计局. 湖北统计年鉴[M]. 北京:中国统计出版社, 2011.

Hubei Provincial Statistics Bureau. Hubei statistical yearbook [M]. Beijing:China Statistics Press,2011.

## A study of information extraction of rape and winter wheat planting in Jianghan Plain based on MODIS EVI

YANG Huan<sup>1</sup>, DENG Fan<sup>1</sup>, ZHANG Jiahua<sup>2</sup>, WANG xueting<sup>1</sup>, MA Qingxiao<sup>1</sup>, XU Nuo<sup>1</sup>
(1. School of Geosciences, Yangtze University, Wuhan 430100, China; 2. Aerospace Information Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100094, China)

**Abstract**: Two crops with similar growth periods are likely to be confused during remote sensing recognition , which brings difficulties to crop identification and area extraction. For the purpose of solving this problem , Jianghan Plain was used as the study area and , according to the MODIS EVI timing curve of different features in combination with the spectral characteristics of the objects themselves and the phenological information of crops , the combination of decision tree and quadratic difference method was used to extract the planting area of rape and winter wheat in Jianghan Plain in 2010. The results showed that , compared with the statistical data , the overall accuracy of remote sensing extraction of rape and winter wheat planting area in the study area was 93.7% and 87.1% , respectively , and that, at the city (county, district) level, the correlation coefficient  $R^2$  between calculated data and statistical data is 0.88, and the winter wheat is 0.90. This study can accurately identify rape and winter wheat with similar growth periods so as to obtain better results of planting area extraction , which has certain universality and can provide technical support for monitoring and estimating yield of rape and winter wheat in Jianghan Plain . **Keywords**: rape; winter wheat; area extraction; MODIS EVI; Jianghan Plain

(责任编辑:李瑜)